



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

**Madis Kängsep**

**TALINISU TERASAAGI KUJUNEMINE MAHE- JA  
TAVAVILJELUSES**

**THE GRAIN YIELD FORMATION OF WINTER WHEAT IN ORGANIC AND  
CONVENTIONAL FARMING**

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekava

Juhendaja: PhD Maarika Alaru

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureuse lõputöö lühikokkuvõte	
Autor: Madis Kängsep		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Talinisu terasaagi kujunemine mahe- ja tavaviljeluses			
Lehekülgi: 42	Jooniseid: 14	Tabeleid: 4	Lisasid: 2
Osakond / Õppetool:		Taimekasvatus ja taimebioloogia	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		Taimekasvatus, B390	
Juhendaja(d):		PhD, Maarika Alaru	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu 2018	
<p>Pidev diskussioon selle üle, kummal viljelussüsteemil on terasaak suurem oli põhjus, miks loodi 2008. aastal Eesti Maaülikooli katsepõllule Eerikale mahe- ja tavatootmist võrdlev katse. Katse eesmärgiks oli võrrelda talinisu terasaagi kujunemist mahe- ja tavaviljeluses. Töös võrreldakse 2013.–2017. aasta andmeid. Katse oli üles ehitatud süstemaatilise plokksüsteemina neljas korduses, katselapi pindala oli 60 m<sup>2</sup>. Kasutuses oli seitse erinevat väetusvarianti. Mahesüsteemi variante oli 3: Org 0, Org I, Org II, kus lämmastiku allikaks oli vastavalt liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud õhulämmastik, lisaks õhulämmastikule talviste vahekultuuride poolt seotud lämmastik ja kahele eelnevale lisaks veel hästi komposteeritud sõnnik. Tavasüsteemi variandid (v.a. N0) N50, N100, N150 said lisaks liblikõielistele ka mineraallämmastikku. Mahesüsteemi variandid olid tavasüsteemi väetatud variantidest aastate keskmisena terasaagilt 28–37% väiksemad. Lämmastiku kättesaadavuse ebaregulaarsus põhjustas maheviljeluses väiksema saagi. Mida suurem on biomass, seda suurem on ka teradesse kogunev toitainete kogus, mis suurendab terade massi ja mahumassi. Maapealse biomassi suurus oli tavasüsteemi mineraallämmastikuga väetatud variantidel võrreldes mahesüsteemi variantidega 20–38% suurem. Aasta ilmastik mõjutas talvitumist ja taimede arvu pinnaühikul 59% ulatuses, väetisvariandi mõju ei olnud usutav.</p>			
Märksõnad: Terasaak, talvitunud taimede arv m <sup>2</sup> , maapealne biomass, ilmastik.			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Education Thesis	
Author: Madis Kängsep		Curriculum: Production and Marketing of Agricultural Products	
Title: The grain yield formation of winter wheat in organic and conventional farming.			
Pages: 42	Figures: 14	Tables: 4	Appendixes: 2
Department / Chair:		Field Crops and Plant Physiology	
Field of research and (CERC S) code:		Crop Production, B390	
Supervisors:		Maarika Alaru, PhD	
Place and date:		Tartu, 2018	
<p>The continuous discussions over whether grain yield is higher than the conventional, was the reason why the long term field trial was set up in 2008 in Eerika at the Estonian University of Life Sciences to compare the influence of organic and conventional systems on different crop yields and quality. The aim of this test was to compare the grain yield of winter wheat in organic and conventional systems. The period studied was 2013-2017. Field trial was set up systematically in quadruplicate and plot size was 60 m<sup>2</sup>. In the field trial seven different nitrogen variants were used. Organic system variants were 3 (Org 0, Org I, Org II ) where a source of nitrogen were legume crops, additionally the catch crops and composted manure, respectively. In conventional system the amounts of mineral nitrogen were 50, 100 and 150 kg N per ha and control variant without nitrogen (in tables and figures noticed N50, N100, N150 and N0, respectively).</p> <p>The mean grain yield of winter wheat in organic variants over trial years were lower 28–37% than in conventional variants. The irregular nitrogen availability in organic system caused the lower grain yield level. The above ground biomass of winter wheat was positively correlated with 1000 kernel weight and test weight. The yield of above ground biomass in fertilised variants of conventional system was 20–38% higher than in organic system. The wintering and the number of wheat plants per unit of area was influenced by climatic conditions (from variance analysis by 59%). The influence of fertilising was not significant.</p>			
Keywords: Grain yield, number of wintered plants, above ground biomass, climatic conditions			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	6
1.1. Nisu levik maailmas ja Eestis .....	6
1.2. Talinisu mahe- ja tavaviljeluses .....	6
1.3. Sordi valik.....	9
1.4. Kvaliteedinõuded.....	9
1.5. Muld ja toitaineid.....	10
1.6. Taimehaigused ja -kahjurid .....	10
1.7. Mahepõllumajandus.....	11
1.8. Viljelusviisi mõju mulla viljakusele .....	12
1.9. Väetamine .....	13
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	15
2.1. Katse üldiseloostus ning mullastik .....	15
2.2. Variantide iseloostus .....	16
2.3. Teostatud agronoomilised tööd .....	17
2.4. Proovide võtmine ja analüüsimetodid.....	21
2.5. Ilmastikutingimused .....	21
2.6. Andmetöötlus.....	23
3. TULEMUSED JA ARUTELU.....	24
3.1. Talinisu terasaak .....	24
3.2. Talinisu terasaagi kujunemine .....	26
3.2.1 .Talvitunud taimede arv pinnaühiku kohta .....	27
3.2.2. Maapealne biomass.....	27
3.2.3. Umbrohtumine .....	30
3.3. Talinisu terade kvaliteet.....	31
3.3.1. 1000 tera mass.....	31
3.3.2. Terade proteiinisaldus .....	33
3.3.3. Gluteeni sisaldus .....	35
KOKKUVÕTE.....	37
KASUTATUD KIRJANDUS .....	39
LISAD .....	43
Lisa 1. ....	44
Lisa 2 .....	45

## SISSEJUHATUS

Üha kiirenev rahvastiku kasv ja inimeste teadlikkus toidulaual olevast on pannud põllumajandustootjad olukorda, kus tuleb leida võimalusi, kuidas toita ära järjest suurenevat inimhulka piisavalt tervisliku toiduga. Seoses ühiskonna arengu ja tehnoloogiliste vahendite pideva uuendamisega, on kaasaegsemaks muutunud ka põllumajandussaaduste tootmine. Limiteeritud haritava põllumaa tõttu ei piisa enam tavapärasest tehnoloogiast, et ära toita maailma rahvastik. Seetõttu peavad põllumehed leidma võimalusi, kuidas saada võimalikult suur saak igalt hektarilt. Õigeid agrotehnilisi võtteid kasutades ja mulda lisatoitained andes, kas siis mineraalväetiste, orgaanilise aine, sõnniku või liblikõieliste haljasmassiga, parandatakse mulla viljakust ja struktuursust, mislääbi tagatakse taimedele paremad kasvutingimused ning saadakse suurem saak. Ka maheviljelusega tegelevate põllumajandustootjate osakaal järjest suureneb, kuna jõukamad inimesed on hakanud väärtustama sünteetiliste ainete vaba, puhast naturaalselt toitu. Mahetoodangu saak on väiksem, kuid hind on kordades kallim kui intensiivtoodangul. Sellest lähtuvalt tehti katse, mille eesmärgiks oli võrrelda talinisu terasaagi kujunemist mahe- ja tavaviljeluses.

Uurimustöö hüpoteesideks on, et

- 1) talinisu terasaak sõltub eelkõige kasvuaasta ilmastikust ja seejärel viljelusviisist
- 2) saagistruktuuri elementidest mõjutab talinisu terasaaki kõige enam produktiivvõrsete arv pinnaühiku ja taime kohta.

Töö eesmärk:

Võrrelda mahe- ja tavaviljelusviisi mõju talinisu terasaagi kujunemisele.

Siinkohal soovin avaldada suurt tänu juhendajale Maarika Alarule, kes oli suureks abiks minu töö juhendamisel ja koostamisel.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Nisu levik maailmas ja Eestis

Nisu on üks vanimaid kultuurtaimi maailmas, teda on kasvatatud juba 5000...6000 a. e. Kr. Tänapäeval kuulub nisu maailma kõige tähtsamate kultuurtaimede hulka. Nisu kasvatatakse 67° põhjalaiusest (Venemaa, Norra, Soome) kuni 45° lõunalaiuseni (Tšiili, Argentina). Nisu on väga oluline valguallikas ning moodustab umbes 30% kogu maailma teraviljasaagist (MES 2018). Nisu kasvatatakse tavaliselt merepinnast kuni 3000 m kõrgusel, kuid Tiibetis kasvatatakse nisu isegi kuni 4570 m kõrgusel.

Euroopas on suurimateks nisutootjateks Prantsusmaa, Saksamaa ja Ühendkuningriigid, maailmas aga USA, Kanada, Austraalia ja Argentiina. Kõrgeimad saagid saadakse Madalmaades (8 t/ha), Iirimaa ja Ühendkuningriigis (Ingver *et al.* 2011:26).

Eestis kasvatatakse nisu alates teisest aastatuhandest eKr ning praegu kasvatatakse siin teraviljadest teda kõige rohkem. 2017. aastal kasvatati Eestis talinisu 169,7 tuhandel hektaril, mida oli eelneva aastaga võrreldes 3,1% rohkem. Nisutoodang 2017. aastal oli kokku 713,3 tuhat tonni, mis moodustas teraviljade kogutoodangust 54,37%. Nisule järgnesid 425,7 tuhande tonniga oder, 89 400 tonniga kaer ja 52 400 tonniga rukis. Talinisu kasvatati 102 400 hektaril ja selle saagikus oli 4669 kg/ha, suvinisu vastavad näitajad olid 67 300 ha ja 3445 kg/ha. Viimastel aastakümnetel on nisukasvatamine oluliselt suurenenud: 1980. aastal oli nisupõldude külvipinna suuruseks vaid 55 900 ha, mis on 3 korda vähem kui 2017. aastal (Statistikaamet 2018).

## 1.2. Talinisu mahe- ja tavaviljeluses

Optimaalne nisu kasvuperioodi õhutemperatuur on ligikaudu 25° C. Erinevad liigid ja sordid kasvavad õhutemperatuuridel alates 3–4° C (talinisu) kuni 30–32° C (suvinisu). Nisu kasvab hästi seal, kus aastane sademete hulk on vahemikus 250–1750 mm.

Kasvuperioodil on taimedele tähtis piisava niiskuse olemasolu, kuid liigne niiskus muudab taimed haigustele vastuvõtlikumaks ning saagikuse vähenemist on oluliselt märgata. Lõunapoolkeral on niusaagi koristusaeg tavaliselt oktoobrist jaanuarini ning põhjapoolkeral aprillist septembrini. Nisu eelistab parasniisket viljakat mulda, mille pH on 5,0-7,5 (parem 6,0) (www.pikk.ee; Koppel *et al.* 2007: 68).

Arvestades olukorda, kus kogu maailma rahvastikul moodustavad nisujahu ja selle saadused 20 % kogu päevasest kalorsusest ja enam kui 2,5 miljardil vähem arenenud riikides elavatel inimestel sama suure hulga valgukogusest, siis nõudlus nisutoodangule aina kasvab (Reynolds *et al.* 2012). Sama allika andmetel tõusis aastatel 1992–2012 maailmas nisutoodang 7 %, kuid samas selle hind koguni 18 %.

Viimastel aastatel on ka Eestis saagikus aina kasvanud. Hea majandusliku olukorra tõttu kasutatakse enam väetisi ja taimekaitsevahendeid, aga loomulikult levib ka oskusteave. Oluliseks põhjuseks on meie sordiaretuses tehtav hea töö ning sordilehele võetud ning Eestis kasvatatavad uued suure saagipotentsiaaliga talinisu sordid. Enamus neist on pärit Põhja- ja Lääne-Euroopast, viimaste aastate jooksul on lisandunud sordid ka Suurbritanniast (Koppel *et al.* 2010: 42).

Kasvatades talinisu loomasöödaks, on eelkõige tähtis suur saak, kui aga on eesmärk kasvatada saiavilja, siis on määravaimad küpsetusomadused ehk proteiini- ja kleepvalgu sisaldus. Kuna augusti teisel poolel hakkab suurenema sademete hulk ja koristuseks sobivate päevade arv väheneb, on tähtis omadus ka niusordi kasvuaja pikkus. Kindla ja hea saagi saamiseks tuleks nisu koristada võimalikult vara ja seetõttu ongi väga oluline lisainfo sordi kasvatamise eripära kohta (Koppel *et al.* 2010: 52).

Talinisu saak, proteiinisaldus ja kasvuaja pikkus sõltuvad paljuski agrotehnikast, eelkõige aga lämmastikväetise kogusest ning õigeaegsusest ehk taimete toidainete vajaduse kriitilistel aegadel. Esimene lämmastikuga pealtväetamine mõjutab eelkõige saaki, teistkordne lämmastiku andmine aga proteiinisaldust. Lämmastikühendid on mullas liikuvad ja pidevalt muunduvad, seetõttu propageeritakse maksimaalse tulemuse saavutamiseks kevadise lämmastikväetise väga varajast (keltsale) andmist (Kangor *et al.* 2011: 18; Koppel *et al.* 2010: 52). Teisalt keelab Vabariigi Valitsuse määrus „Veekaitse nõuded väetise- ja sõnnikuhoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla ja muude väetise kasutamise ja hoidmise nõuded“ mineraalväetiste külvamise lumele ja külmunud maapinnale (Riigi Teataja 2002).

Haigusvaba ja hea küpsetuskvaliteediga nisu jaoks on vaja valida õiged eelviljad, milleks talinisule on haljasväetiskultuurid või ristõielised, nagu näiteks ristikurohke põldhein, lutsern, herne-kaera või herne-rapsi segatis, valge mesikas ja lupiin. Mahepõllunduses sõltub mullaviljakus suurel määral orgaaniliste väetiste kasutamisest, milleks on lisaks sõnnikule just haljaväetiskultuurid, sh talvised vahekultuurid (Talgre *et al.* 2015; Tamm *et al.* 2016).

Mulda viidud orgaanika suurendab mulla huumusesisaldust ja seega mõjub soodsalt mulla elustikule, bioloogilisele aktiivsusele ja struktuursusele ning paraneb veesidumisvõime. Vabanenud toitaineid omastavad kohe järgnevad kultuurid. Orgaanilise aine lagunemine ning lämmastiku sidumine mikroorganismide poolt sõltub paljuski mulla temperatuurist, niiskusest, lagundavate organismide hulgast ja liigilisest mitmekesisusest (Talgre *et al.* 2015: 40-44). Mikroorganismide aktiivsus mõjutab omakorda orgaanilise aine ja toitainete mineraliseerumist ja muundumist mullas (Tampere *et al.* 2015: 51).

Seoses sellega, et maapealne taime biomass laguneb kiiremini, kasutavad järgnevad kultuurid esimesel aastal peale maasseküüdi just sealt vabanevaid toitaineid. Samas on haljasväetise (punase ristiku, hariliku lutserni ja valge mesika puhul) mõju positiivne veel ka kolmandal aastal, sest juurestik laguneb aeglasemalt kui maapealne osa (Talgre *et al.* 2015:45,49).

Liblikõielisi heintaimi on soovitatud külvata ka koos kõrrelistega, mis aitavad veelgi elustada mulda ning hoida ja suurendada mulla viljakust. Kui külvata kevadel haljaskultuuride segu, saab kasutada varasuvist intensiivset kasvu biomassi kasvatamiseks. Suve teiseks pooleks algab generatiivorganite moodustamine ning siis viiakse haljasmass mulla pindmisse kihti. Kui harida 1-2 korda sobiva riistaga, on võimalik ka umbrohud kontrolli all hoida (Ess 2015:9-11).

Heintaimede kasutamine eelviljana võib nisukasvatases põhjustada ka probleeme, kuna erinevad heintaimede liigid on nisuga väga konkurentsivõimelised ning neil võivad säilida nisule ohtlikud haigustekitajad. Vahekultuurina heintaimede ja nisu vahel võib sel juhul kasvatada rapsi, mis suurendab ka talinisu talvekindlust. Nimelt aitab rapsi varretüügas talvel tuulepuhangute ajal lund põllul paigal hoida. Raps aga tarvitab väga jõudsalt mullast toitaineid ja seega võib nisule jääda suhteliselt toitainetevaene muld. On täheldatud, et herne järel külvatud talinisu on vähem kahjustunud kui mustkesana hoitud või teravilja järel külvatud talinisu (Tamm *et al.* 2016: 14).



### 1.3. Sordi valik

Mitmed uurimistulemused viitavad, et maheviljeluses annavad häid tulemusi samad sordid, mis tavaviljeluseski, kuid tähelepanu peaks pöörama siiski mõningatele aspektidele. Lisaks sobivusele piirkonna keskkonnatingimustesse, võiksid sordis geneetiliselt olemas olla suur proteiinisaldus ja hea küpsetuskvaliteet, hea lamandumis-, talve-, haiguskindlus; sobilikumad on pigem pikema kõrre, kiire algarengu ja laia lehega sordid (Tamm *et al.* 2016: 14-15).

Pikema kõrrega sortidel on tugevam ja sügavam juurestik, mis on tähtis taime toitainetega varustamiseks ja paremaks taime kinnitamiseks; samuti varajane ja jõulisem kasv, mis annab neile hea umbrohtude allasurumise võime. Pika kõrre puhul on lipulehe ja pähiku vaheline kaugus suurem ja haigustekitajate levik lipulehelt pähikule võtab kauem aega (Tamm *et al.* 2016: 14-15).

### 1.4. Kvaliteedinõuded

Kvaliteetses nisus on soovitatav, et proteiinisaldus oleks vähemalt 14%, kleepevalku vähemalt 28% ja langemisarv 275 s. (Tartu Mill 2017). See tagab saiaküpsetuseks vajaliku kvaliteedi. Mõnel juhul võivad mahenisu kvaliteedinõuded olla nt proteiini- ja kleepevalgu sisalduse osas veidi madalamad kui tavanisul. Wiru vilja kvaliteedinõuded mahenisule 2017 aastal olid: proteiinisaldus 11,5%, kleepvalk 22% ja langemisarv min. 250 (Wiru vili 2017). Kvaliteediomadused sõltuvad väga palju kasvuaasta ilmastikust ja seega ei ole igal aastal võimalik ka parimaid sorte kasvatades esimese kategooria nisu kvaliteeditaset saavutada. Mida kuivem ja päikesepaistelisem on suvi, seda kvaliteetsem on vili ja suurem selle proteiinisaldus. Kvaliteedinäitajate tasemest sõltub enamasti vilja hind. Kehvamate kvaliteedinäitajatega vilja ei pruugita osta ja selle hinnatase on madalam.

## 1.5. Muld ja toitained

Võrreldes suvinisuga on talinisu juurestik jõulisem ja seega on tema toitainete omastamise võime parem, kuid suvinisus on tavaliselt rohkem proteiini, mis annab parema küpsetuskvaliteedi. Rukkiga võrreldes on talinisu nõudlikum toita- inete ja kasvukoha suhtes, kuid sügisel areneb ta aeglasemalt kui rukis, tarvitades siis ka vähem toitaineid (Tamm *et al.* 2016).

Nisu on mullastiku suhtes nõudlik kultuur, ta vajab üsna niisket viljakat neutraalset (pH 6,0–7,5) mulda. Ka leetunud muldadel võib nisu anda head saaki, kui neid muldi on enne kultuuristatud ehk lubjatud, künnikihti süvendatud, orgaanilise ainega rikastatud. Talinisu eelistab raskemaid muldi, leppides kõige paremini raskete liivsavi- ja saviliivmuldadega (Lepajõe 1984: 33).

Talinisu kasutab lämmastikväetisi väga intensiivselt kuni loomiseni, kuid enim mõjutab saaki just kevadise kasvu alguses antud väetis. Suvinisule võiks anda orgaanilist väetist enne kesaküнди, samas reageerib ta hästi ka sõnniku järelmõjule. Kui mullad ei ole kivised, võiks talinisu orast kevadel äestada, mille ülesanne on purustada mullakoorik, õhustada mulda, hävitada umbrohte, säilitada mulla niiskusvaru ning eemaldada talvega hävinenud või haigestunud taimed. Optimaalseks ajaks äestamisel on umbrohtude tärkamise aeg (Kangor, Koppel 2011; Tamm *et al.* 2016).

## 1.6. Taimehaigused ja -kahjurid

Põllumehe teadlikkus integreeritud taimekaitsest sõltub paljuski ka saagikus. Vähetähtis pole taimede stressitaluvus, kohanemisvõime optimaalsest erinevate keskkonnatingimustega või on haigustekitaja omandanud resistentsuse (Sooväli 2011: 36). Üldiselt sõltuvad taimehaiguste levik ja tõrjevajadus viljavaheldusest, rakendatavast agrotehnoloogiast, kasvatatava sordi haiguskindlusest ja kliimaatilistest tingimustest (Koppel *et al.* 2009).

Maheviljeluses võivad talinisule probleemiks saada seemnega levivad haigused, näiteks kõvanõgi. Häid kõvanõekindlaid sorte praegu sordilehes 15 ei ole. Kõvanõe nakkusest hoidumiseks tuleks kasutada ainult oma masinaid, vältida eelviljana suvinisu ning seemet

võiks mingi biopreparaadiga puhtida. Mitmetes riikides (näit. Põhjamaades) kasutatakse kõvanõe kaitseks biopreparaati Cerall (Cerall 2005; Bioagri), kuid Eestis ei ole selle mõju ja efektiivsust uuritud. Probleemiks võib olla ka lumiseene kahjustus lumiseeneõrnadel sortidel. Kahtlemata on haiguste kontrolli all hoidmiseks tähtis lisaks õigele sordivalikule ka sobilike eelviljade ja agrotehnika valik (Tamm *et al.* 2016).

## 1.7. Mahepõllumajandus

Tänapäeval on inimesed muutumas üha teadlikumaks ja valivamaks oma toidulaua suhtes ning eelistavad enam ja enam mahetoodangut. Mahe- ehk ökoloogiline põllumajandus on tootmisviis, kus sekkutakse looduslikesse protsessidesse võimalikult vähe ja seega põhineb tasakaalustatud aineringsusel ning kohalikel taastuvatel ressurssidel. Põllukultuuride kasvatuses on tähtis roll mullas elavatel mikroorganismidel, millest sõltubki mullaviljakus ja sellest omakorda saagikus.

Mahepõllumajandus hõlmab taime- ja loomakasvatust, samuti mesindust ning vesiviljelust. Mahepõllumajanduses kehtivad ranged reeglid, mida reguleerivad nii Euroopa Liidu (EL) kui ka Eesti õigusaktid, kõiki mahetootjaid kontrollib Põllumajandusamet (PMA). Maheviljeluse katseid tehakse peamiselt Eesti Taimekasvatuse Instituudis (ETKI) ja Põllumajandusuuringute Keskuses (PMK).

Süntetilisi taimekaitsevahendeid ja väetisi maheviljeluses ei kasutata. Väetisena kasutatakse orgaanilisi ja teisi looduslikke väetisi, soodustatakse mulla bioloogilist aktiivsust ning loomulikult on väga tähtsal kohal parimal viisil ja optimaalseimal ajal mulla harimine (Jänes 2015:2). Umbrohutõrjes on oluline roll mehaanilistel võtetel. Teisalt on targalt toimides võimalik umbrohtu kasutada kui mullaviljakuse tõstjat (Ess 2015:10-11).

Mahepõllumajanduses on keelatud kasutada geneetiliselt muundatud organisme (GMO), ega ka nende abil valmistatud tooteid (Mahepõllumajandus 2018). Väetamiseks, mullaomaduste parandamiseks ja taimekaitseks on lubatud peamiselt looduslikku päritolu ained, mis on loetletud ELi määruse 889/2008 I ja II lisas (Riigi Teataja 2007).

Üleminekul tavatootmiselt mahetootmisele tuleb oma tootmissüsteem ümber korraldada. Mahetootjal tuleb oma tegevusi hästi planeerida, rakendada taimekahjurite levikut ennetavaid võtteid ja hoida taimetoitaineid ringluses. Lubatud on nt lupjamine looduslikku päritolu ainetega. Väetada võib mahetootmisest pärit vedel- või tahesõnnikuga, loodusliku fosfaadi ja kaaliumsulfaadiga jms (Viil 2017:33, Tamm *et al.* 2016:3). Aktuaalseks on muutunud ka tuhaga väetamise võimalus (Raave jt. 2015:28).

Nii taime toitainetega varustamisel kui ka taimekaitsel on väga suur roll külvikorral. Mahetootja peab rakendama liblikõielisi sisaldavat külvikorda, ehk vähemalt ühel rotatsiooni aastal peab kasvatama liblikõielist kultuuri. Kuigi liblikõielised on ka näiteks uba ja hernes, tuleb mahekülvikorras kasvatada haljasväetisena liblikõielisi heintaimi, mis tõstavad mulla orgaanilise aine ja lämmastiku sisaldust ning parandavad mullastruktuuri tunduvalt rohkem kui üheaastased liblikõielised terakultuurid (Ess 2015: 9).

Mahetootmises ei tohiks põllud olla väga suured, sest on oluline soodustada kahjurite looduslike vaenlaste – röövtoiduliste putukate (lepatriinud, jooksiklased jt), ämblike ja parasitoidide levikut põllul. Kui põld on suur, ei jõua mitmed kasulikud putukad põllu keskossa. Nende leviku soodustamiseks on vaja säilitada mitmekesise taimikuga põlluservi ning looduslikke rohumaid, samuti põõsastikke põllu läheduses (Tamm *et al.* 2016).

Kasutama peab mahepõllumajanduslikult toodetud seemet. Kui sobivat maheseemet ei ole saada, võib erandina PMA loal kasutada keemiliselt töötlemata mittemahepõllumajanduslikku sertifitseeritud seemet, kuid selleks tuleb taotleda luba (Põllumajandusamet 2018).

## **1.8. Viljelusviisi mõju mulla viljakusele**

Erinevate viljelusmeetodite mõju mulla omadustele ja põllukultuuride saagikusele on maailmas uuritud eri uurimisgruppide poolt, kuid need pole erinevate majandus- ja agrokliimaatiliste tingimuste tõttu Eestis otse rakendatavad. Ka Eestis on uuritud erinevaid viljelusmeetodeid. EMVI vanemteadur Peeter Viil alustas otsekülvi alaseid uuringuid ja andmete kogumist juba 1983 aastal ja on seda iseseisvalt teinud kuni tänaseni (Tamm *et al.* 2015).

Põldude intensiivsel majandamisel, sh mineraalväetiste liigse kasutamise tulemusel võib muld muutuda happeliseks. Mullastiku happelisust tõstavad ka happevihmad. Selle leevendamiseks tuleb muldasid lubjata. Orgaaniline aine, mis tekib taimsete ja loomsete jääkide kõdunemise tulemusel, tagab kasvavatele taimedele toitaineid ja parandab samas mulla koostist. Orgaaniliste väetiste lisamisel ja liblikõieliste heintaimede kasvatamisel suureneb mulla orgaanilise aine sisaldus (Tamm 2011: 5).

Viimasel ajal on hakatud tähelepanu pöörama mulla tallamise ohule, sest kasutatakse üha võimsamaid ja massilt raskemad masinad ning järelveetavaid haagiseid. Eriti suureks probleemiks on tallamine mitmeaastastel rohumaadel, kus puudub ka võimalus mulda agrotehniliste võtetega mehaaniliselt kobestada (Are *et al.* 2015:10).

Oluliseks mulla kvaliteedi näitajaks on ka orgaanilise süsiniku sisaldus mullas. Kui rakendada sobivaid agrotehnilisi võtteid nagu sobiv külvikord ja õiged orgaanilised väetised, on võimalik mullas leiduva orgaanilise süsiniku sisalduse vähenemist vältida. 2008–2012 Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Rõhu katsejaama Eerika põllul läbi viidud põldkatse põhjal väideti, et suurema N normi kasutamine võib soodustada püsivama ja harimisele vähemtundliku orgaanilise aine moodustumist (Kauer *et al.* 2015: 16-20).

Orgaanilise väetisega ehk sõnniku, komposti ja haljasväetisega väetamine mõjub positiivselt ka vihmaussikooslusele, sest nii suurendatakse nende toiduvaru. Vihmaussid aga on tähtsad mullaviljakuse kujundajad, sest nad aitavad lagundada ja sügavamale mulda viia taimejäänuseid. Nõnda tekib soodne keskkond mikroorganismidele. Teisalt aitavad vihmaussid parandada ka mulla füüsikalisi omadusi (Reintam *et al.* 2015: 34).

## **1.9. Väetamine**

Fosfor- ja kaaliumväetised on vajalikud talnisu saagi moodustamiseks ning sahhariidide sünteesi suurendamiseks. Sahhariidid suurendavad taimede vastupidavust talvestressile, soodustavad kevadel tugikude kasvu körtes ja muudavad taimed lamandumiskindlamaks (Koppel, Ess 2007:71).

Taimede toitumises on väävel kogu taime kasvuperioodi jooksul tihedalt seotud lämmastikuga (Fitzgerald *et al.*, 1999; Flaete *et al.*, 2005; Thomason *et al.*, 2007). Kui

tegemist on nende toitelementide optimaalsete kasutusnormidega, on suhted sünergistlikud, st mõlemad elemendid soodustavad teineteise omastamist. Kui aga üht nendest elementidest on liiga suures kontsentratsioonis, hakkab see teise elemendi omastamist pärssima ning võib seeläbi saagikust vähendada ja saagi kvaliteeti halvendada (Järvan, 2009).

Poolas läbiviidud talinisu väetuskatsetest selgus, et väetamisel lämmastiku ja väävliga vahekorras (N : S) 8–10.5 : 1 saadi parimate tehnoloogiliste omadustega terasaak (Podlesna, Cacak-Pietrzak, 2008; Järvan 2009)

Lämmastikvormide omastamine taimede poolt sõltub mullastikust, ilmast jms. Optimaalne N sisaldus taimes on võrsumisest loomiseni vahemikus 3,5–4,5%, kuid kui see on nisul alla 2,5%, saabub kriitiline tase. Väikesed muutused taime lämmastiku sisalduses võivad põhjustada suuri muutusi taime kasvus, saagis ja selle kvaliteedis. (Kangor, Koppel 2011).

Lisaks ilmastikule ja temperatuurile määrab tera massi ka väetamine. Jõgeval läbiviidud katsetes mõjus võrsumisaegne ja loomiseelne N-ga pealtväetamine ning taimekaitse tera suurusele positiivselt (Koppel, Ess, 2007).

Jahedal ja vihmasel suvel võib nisu moodustada juuli-augustikuus hilisvõrseid, mistõttu nende terad ei jõua valmida ja see raskendab koristamist (Lepajõe 1984:36). Järelvõrseid tekib ka talvekahjustusest hõredamaks jäänud põllul. Lisaks keerukamale koristamisele vähendavad väikesed ja kõlujad terad mahumassi (Koppel *et al.* 2007: 73).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Katse üldiseloostus ning mullastik

2008. aastal rajati Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja rohumaa viljeluse osakonna katsepõllule Eerikal (58°22' N, 26°40' E) pikaajaline põldkatse mahe- ja traditsioonilise viljelusviisi võrdluseks. Katsepõllu muld oli *Stagnic Luvisol* (WRB klassifikatsiooni järgi; Deckers *et al.*, 1998). Mulla lõimis oli liivsavi ja huumuskihi tusedus keskmiselt 30 cm (Reintam ja Köster, 2006; Tein *et al.*, 2014). Süsinikusisaldus oli katsepõllu mullal rajamisaastal 1.55%, üldlämmastiku sisaldus 0.14%, liikuva kaaliumi sisaldus 134.01 mg kg<sup>-1</sup> liikuva fosfori sisaldus 128.54 mg kg<sup>-1</sup>, magneesiumi sisaldus 154.83 mg kg<sup>-1</sup>, kaltsiumi sisaldus 1317.67 mg kg<sup>-1</sup> ja mulla pH<sub>KCl</sub> 5.8.

Nii mahe- kui tava viljelussüsteemis kasutati viieväljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus oli järgmine: talinisu (*Triticum aestivum* L.), hernes (*Pisum sativum* L.), kartul (*Solanum tuberosum* L.), oder ristiku allakülviga (*Hordeum vulgare* L. ja *Trifolium pratense* L.), ristik (*Trifolium pratense* L.). 2012. aastal lõppes I rotatsioon. Antud uurimustöö andmed talinisu kohta pärinevad II rotatsiooni aastast (2013–2017. a.), seega on talinisu kõigil katsevariantidel lämmastikulise toitumise seisukohalt tegemist ristiku esimese järelmõju aastaga + kasvuaasta väetamised vastavalt variandile. Katse oli üles ehitatud süstemaatilise plokküsteemina neljas korduses. Igas korduses oli esindatud terviklik külvikord, mis jagunes 7 väetisvariantiks (maheviljeluse süsteemis kolm ja traditsioonilises viljelussüsteemis neli väetisvarianti). Variantid ja kordused olid üksteise kõrval ilma eraldusvaheta, kusjuures katselapi pindala oli 60 m<sup>2</sup>. Mahe- ja tavaviljelussüsteemid olid eraldatud 18 m laiuse rohuribaga vältimaks mahesüsteemi saastumist pestitsiidide ja mineraalväetistega.

## 2.2. Variantide iseloomustus

Maheviljelussüsteemis kasutati 3 väetisvarianti, mis erinesid üksteisest lämmastiku allika poolest: Org 0 Org I ja Org II. Org 0 ehk kontrollvariandi ainus lämmastiku allikas oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride (*Pisum sativum* L. ja *Trifolium pratense* L.) poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>, mis künti mulda koos liblikõieliste kultuuridega I rotatsiooni jooksul kokku kaks korda. Org I variandis oli lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le veel vahekultuuride poolt seotud lämmastik. Vahekultuuridena kasvatati talinisu, kartuli ja herne järel vastavalt raiheina (*Lolium perenne* L.), talirukist (*Secale cereale* L.), ja talirapsi (*Brassica napus* ssp. *oleifera* var. *biennis*), mis külvati vahetult peale põhikultuuri koristust ja künti mulda peale lume sulamist aprillis. Vahekultuurid võivad vähendada nitraatide leostumist 40–70% võrreldes musta kesaga talvel (Tonitto *et al.*, 2006). Talirukis seob keskmiselt endasse kevadeks 30–60 kg N ha<sup>-1</sup>, taliraps aga seob keskmiselt 50–80 kg N ha<sup>-1</sup> (Müller *et al.*, 2006; Alaru *et al.*, 2014.). Antud bakalaureuse töös käsitletavaks perioodiks oli Org II variandil kõiki neid vahekultuure kasvatatud, seega oli talinisu eel II rotatsiooni alguseks mulda viidud viie aasta jooksul kolme vahekultuuri ja kahe liblikõielise kultuuri haljasmass koos nende poolt kogutud lämmastikuga. Org II variandi lämmastikuallikaks oli lisaks N<sub>2</sub>-le ja vahekultuuride poolt seotud lämmastikule veel ka hästi komposteeritud sõnnik, mida I rotatsiooni jooksul anti ühel korral enne kartulit 40 t ha<sup>-1</sup>. Sõnnik künti maasse septembri lõpus või oktoobri alguses vahetult enne vahekultuuri talirapsi külvi. II rotatsiooni esimesel aastal muudeti sõnniku andmisviisi – kartulile hakati andma 20 t komposteeritud sõnnikut ha kohta, talinisule pealtväetisena varakevadel 10 t ha<sup>-1</sup> ja odrale ristiku allakülviga kevadel enne külvi 10 t ha<sup>-1</sup>. Sõnniku keemilised omadused ja N, P, K kogused, mis anti talinisule kevadel võrsumisfaasi alguses, olid II rotatsiooni jooksul: keskmine pH<sub>KCl</sub> – 7,1; keskmine KA – 34,8%; N<sub>üld</sub> – 44–54 kg ha<sup>-1</sup>; P<sub>üld</sub> – 8–18 kg ha<sup>-1</sup>; K<sub>üld</sub> – 17–43 kg ha<sup>-1</sup>.

Traditsioonilises viljelussüsteemis olid lämmastiku allikaks lisaks külvikorras kasvanud liblikõielistele ka mineraalne lämmastikväetis, kusjuures talinisu külvi eelselt said kõik variandid ka P–K kompleksväetist vastavalt 25–95 kg ha<sup>-1</sup>. Väetisvariandid traditsioonilises viljelussüsteemis erinesid üksteisest mineraalse lämmastiku koguste poolest: N0 ehk kontrollvariandis mineraalset lämmastikväetist ei antud, mulla lämmastikuga varustamine oli täpselt sama kui maheviljelusviisi Org 0 variandis; variandid N50, N100 ja N150 mineraallämmastiku kogused olid vastavalt 50, 100 ja 150



kg N ha<sup>-1</sup>. Lämmastikväetiseks oli NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, mis anti talinisule varakevadel võrsumisfaasi alguses, lämmastiku kogused 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup> anti kahes jaos vastavalt 50+50 ja 100+50, kusjuures teine osa anti talinisu loomiseelses faasis.

**Tabel 1.** Sõnniku keemilised omadused ja toiteelementide keskmised sisaldused kuivaines aastatel 2013–2017 tehtud analüüside põhjal

Aasta	pH <sub>KCl</sub>	N %	P %	K %	Kuivaine %	kg N ha <sup>-1</sup>
2013	7,0	1,2	0,4	0,95	45	54
2014	7,7	1,3	0,4	1,2	35	45,5
2015	6,8	2,8	0,5	2,0	16	45
2016	6,6	0,8	0,2	0,3	57	46
2017	7,5	2,1	0,6	1,4	21	44

### 2.3. Teostatud agronoomilised tööd

Talinisu külv on katseaastatel toimunud esimesel või teisel septembrikuu dekaadil, sort Fredis ja külvisenorm 450 idanevat tera m<sup>2</sup> kohta. Tabelis 2 on toodud sügisesed ja kevadised põllutööd, lisaks kasutatud väetised ja pestitsiidid. Kevadel anti talinisu kevadise kasvu alguses mahevariandile Org II sõnnik pealtväetisena normiga 10 t/ha ja tavavariantidele N50, N100 ja N150 taimede võrsumisfaasi alguses (BBCH 30) mineraalset lämmastikväetist. Lämmastikväetiseks oli NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (AN 33,4). Kaks suuremat lämmastiku kogust anti kahes jaos – teine kogus anti talinisu loomiseelses faasis (BBCH 47). Umbrohutõrjet tehti mahevariantidel äestamisega ja vajadusel ka käsitsi, tavaviljeluses kasutati haiguste, putukate ja umbrohtude tõrjeks vastavaid preparaate ja pritsiti vastavalt vajadusele kuni 4 korda vegetatsiooniperioodil. Talinisu koristati teraviljakombainiga

Sampo ja koristusaeg kõikus uuritud katseaastatel 26. juulist kuni 28. augustini (talinisu valmimine vastavalt ilmaoludele).

**Tabel 2.** Tehtud tööd aastatel 2013-2017; talinisu kasvuaastatel 2016 ja 2017

	Kuupäev	Tehtud töö	Kasutatud vahendid	Kogus, kulunorm	ühik
2013	22. aprill	Äestamine	-	-	-
	26. aprill	Äestamine	-	-	-
	30. aprill	Väetamine	AN 24.4	50;50; 100	kg/ha
	2. mai	Väetamine (mahe)	Sõnnik	10	t/ha
	3. mai	Äestamine	-	-	-
	31. mai	Pritsimine	Secator	0,5	l/ha
	5. juuni	Väetamine	AN 34.4	0 ; 50 ;50	l/ha
	6. juuni	Pritsimine	Falcon 460	0,4 + 0,8	l/ha
	12. august	Koristus	EC + CCC	3,4-8,2	t/ha
			"Fredis"		
2014	20. august	Kündmine	-	-	-
	29. august	Kultiveerimine	-	-	-
	15. september	Kultiveerimine Talinisu külv Külvi rullimine	Sort "Fredis"	450	s/m <sup>2</sup>

	18. september	Väetamine	YaraMila Cropcare 3:11:24  AN 34,4	500  15	kg/ha
2015	20. aprill	Väetamine	AN 34,4	50; 100	kg/ha
	24. aprill	Äestamine	-	-	-
	5. mai	Äestamine  Väetamine (mahe 2)	Sönnik	10	t/ha
	8. mai	Umbrohutõrje, keemiline	Sekator OD	150	ml/ha
	28. mai	Haigustõrje, kasvuregulaator	Allegro Super  CCC	0,5  0,8	l/ha
	6. juuni	Väetamine	AN 34,4	50	kg/ha
	12. august	Koristus	"Fredis"	3,4-8,2	t/ha
	11. september	freesimine	-	-	-
	14. september	Talinisu külv	sort "Fredis"	450	s/m <sup>2</sup>
	15. september	Külvi rullimine	-	-	-
	28. september	Talinisu ümberkülv	Sort "Fredis"	450	s/m <sup>2</sup>
	29. september	Külvi rullimine	-	-	-
	2. oktoober	Väetamine	YaraMila Cropcare 3:11:24	500	kg/ha

			AN 34,4	15	kg/ha
2016	26. aprill	Äestamine	-	-	
	2. mai	Pritsimine biostimulaatoriga	Aminocat	200	ml/ha
	3. mai	Umbrohutõrje, keemiline	Sekator OD	150	ml/ha
	6 .mai	Väetamine	AN 34,4	50; 100	kg/ha
	6. juuni	Väetamine	AN 34,4	50	t/ha
	26. juuli	Koristus	"Fredis"	1,3-2,9	
	18. august	Sügavkobestus	-	-	-
	19. august	Freesimine	-	-	-
	8. september	Külvamine	"Fredis"	450	s/m2
	29. september	Pritsimine	Roundup Flex	3	l/ha
2017	25. aprill	Väetamine	AN 34,4	40; 25; 95	kg/ha
	27. aprill	Väetamine (mahe)	Sõnnik	10	t/ha
	19. mai	Pritsimine	Secator	150	ml/ha
	30.mai	Väetamine	AN 34,3	50; 60;60	kg/ha
	6.juuni	Väetamine	AN 34,3	0;0; 50	kg/ha
	15. juuni	Pritsimine	Zantara	1,2	l/ha
	28. august	Koristus	"Fredis"	1,3-2,9	t/ha

## 2.4. Proovide võtmine ja analüüsimeetodid

Enne talinisu koristust võeti kõikidelt variantidelt ja kordustelt 0.3 m<sup>2</sup> suuruselt alalt talinisu vihud (kokku 28 proovi), millest määrati taimede arv, üld- ja produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta, 20 juhuslikult valitud kõrre ja pea pikkus, pähikute ja terade arv peas, terade mass peas. Vihu kaudu arvutati maapealne biomass, umbrohtumus. Antud töös käsitletud perioodil (2013–2017) oli talv 2015/2016 talinisu talvitumisele väga ebasoodne, mis tingis osa katselappide ümberkülvi kevadel suvinisuga. Seetõttu on aastal 2016 kogutud andmed saagiandmed vaid kahes korduses. Vihud väeti neljas korduses (vajadusel kaks vihu ühelt lapilt). Talinisu kvaliteedinäitajatest määrati 1000 tera mass, mahumass, langemisarv ja gluteenisisaldus.

Talinisu koristus toimus mõlemas viljelusviisis uuritud perioodil 30.07.–12.08. Igast variandist ja kordusest koristati kombainiga (heedri laius 2 m) 20 m<sup>2</sup>, mille alusel arvutati terasaak ha kohta.

Keemilised analüüsid taimede ja sõnniku proovidest tehti EMÜ mulla- ja agrokeemia osakonna keemialaboris. Ahjus kuivatatud sõnniku ja taime proovide üldlämmastiku (N<sub>üld</sub>), sisaldus määrati kuivtuhastamise meetodil varioMAX CNS elementanalüsaatoriga (ELEMENTAR, Germany) (Methods of....1986). Sõnniku üldfosfori (P<sub>üld</sub>) ja üldkaaliumi (K<sub>üld</sub>) kontsentratsiooni määramiseks kasutati märgtuhastamismeetodit väävelhappe lahusega. Terade proteiinisaldus arvutati järgmise valemi järgi:

$$\text{Proteiinisaldus\%} = N\% \times 6,25;$$

## 2.5. Ilmastikutingimused

Ilmastiku andmed on saadud Eerikal asuvast ilmajaamast, mis asub 2 km kaugusel katsepõllust. Tabelis 3 on toodud talinisu talvitumisjärgse perioodi keskmised temperatuurid kuude kaupa. Mais on kõigil aastatel olnud ööpäeva keskmine õhutemperatuur üle 10 °C, kusjuures aastatel 2013 ja 2016 oli see pikaajalise keskmisega võrreldes vastavalt 3,4 ja 2,6 °C võrra kõrgem. 2016.a. mais kaasnes kõrge temperatuuriga ka väga väike sademete hulk (tabel 4), mis põhjustas taimede kiire kevadise arengu (mullas

oli säilinud veel talvist niiskust) ja lühema vegetatsiooniperioodi ning varasema koristusaja (tabel 1). Terasaagi seisukohast sobivamad aastad olid 2015 ja 2017, kui maikuu oli jahedam võrreldes pikaajalise keskmisega. Nendel aastatel kujunes vegetatsiooniperiood taimedele pikemaks ja koristus toimus augusti teisel-kolmandal dekaadil.

**Tabel 3.** Keskmine temperatuur (°C) 2013–2017 võrrelduna aastate (1969–2017) keskmisega

Kuu	Keskmine temperatuur, °C*					
	2013	2014	2015	2016	2017	1969– 2017
Aprill	3.5	6.5	5.4	6.1	3.4	4.8
Mai	14.8	11.9	10.3	14.0	10.2	11.4
Juuni	18.2	13.4	14.3	15.9	14	15.4
Juuli	17.8	19.9	15.7	17.8	15.9	17.5
August	16.9	16.8	17.0	16.1	16.8	16.2
<b>Aprill– August</b>	<b>14.2</b>	<b>13.7</b>	<b>12.5</b>	<b>14.0</b>	<b>12.1</b>	<b>13.1</b>

\*Allikas: Eerika ilmajaama andmed

Sademe osas oli taliteraviljade kasvule ebasoodne rohke vihma sadu juunikuus, seda eriti 2014.a., kui sellega kaasnes ka madalam temperatuur (tabelid 2 ja 3). Saagi kvaliteedi seisukohalt on ebasoodne suur sademete kogus augustis, meie uuritud perioodil aastal 2017.

**Tabel 4.** Sademete kogus (mm) 2013–2017 võrrelduna aastate (1969–2017) keskmisega

Kuu	Sademete kogus, mm*					
	2013	2014	2015	2016	2017	1969–2017
Aprill	17	13	51	50	52	29
Mai	61	84	60	2	16	56
Juuni	52	104	40	125	94	78
Juuli	63	71	62	82	61	70
August	75	113	42	42	106	88
<b>Aprill– August</b>	<b>268</b>	<b>384</b>	<b>251</b>	<b>301</b>	<b>329</b>	<b>321</b>

\*Allikas: Eerika ilmajaama andmed

## 2.6. Andmetöötlus

Hindamaks viljelusviisi ja katse aasta mõju erinevate väetusvariantide kuivaine saagile ja kvaliteedile kasutati korrelatsioonanalüüsi, faktoriaalset dispersioonanalüüsi (ANOVA) ja kahe-faktorilist ANOVA-t. Kirjeldavat analüüsi kasutati homogeensete gruppide statistiliselt oluliste erinevuste leidmiseks viljelusviisi, katseaasta ja keskmiste kuivaine saakide vahel. Keskmised on esitatud koos/ilma standardveata ( $\pm$ SE). Statistilise olulisuse tase määrati  $p < 0,05$ , kui ei ole märgitud teisiti.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

Taimede arenemise all mõistetakse temas toimuvaid kvalitatiivseid muutusi. Terade arv peas oleneb pea kasvust, arengust kui ka kasvamise ja valmimise kiirusest ning pea kasv ja areng sõltuvad eelkõige nisu kasvuaja pikkusest. Kasv ja areng kulgevad koos, kuid nende kiirus võib olla erinev (Lepajõe 1984:36). Olulisemad terasaaki kujundavad tegurid on produktiivvõrsete arv pinnaühiku ja taime kohta, terade arv ja mass peas, mis sõltuvad suurem määral kasvukeskkonnast ja ilmastikutingimustest (Koppel, Ess 2007:74).

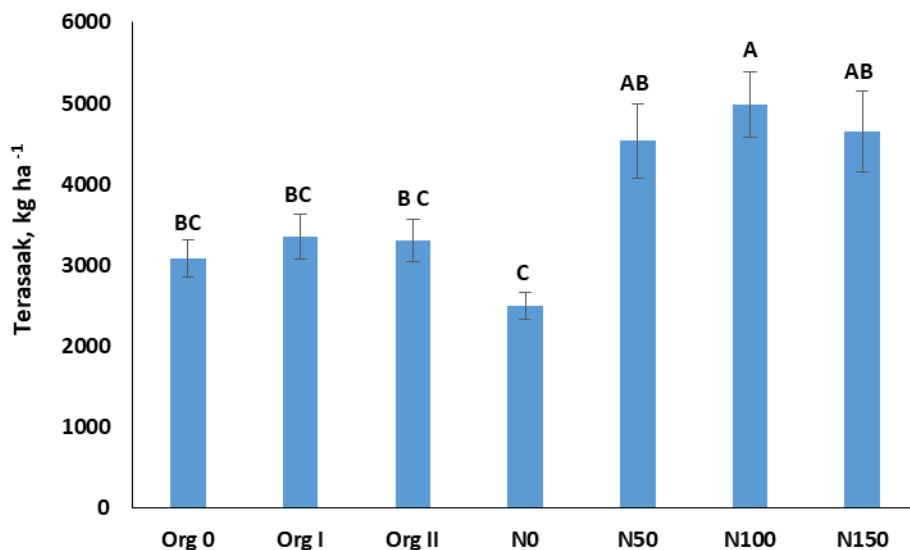
Antud peatükis käsitletakse neid talinisu saagikust kujundanud saagistruktuuri elemente, mis uuritud aastatel 2013–2017 mõjutasid usutaval määral talinisu saagi suurust. Andmed on saadud põldkatsest, mis on kahefaktoriline, kus üheks uuritud faktoriks on katseaasta ilmastik ja teiseks mahe- ja tavaviljeluse väetisvariant.

#### 3.1. Talinisu terasaak

Käsitletaval perioodil oli talinisu saak usutaval määral mõjutatud mõlemast uuritud faktorist - dispersioonanalüüsi järgi mõjutas väetisvariant katseaastate keskmisena 25% ulatuses ja katseaasta ilmastik 54% ulatuses (joonised 1, 2). 2013–2017. a keskmisena jäid tavasüsteemi väetatud variantide saagid 5272–5510 kg ha<sup>-1</sup> piiresse, kusjuures võrreldes mahesüsteemi variantidega oli statistiliselt usutavalt kõrgem ainult N100 väetisvariant. Mahesüsteemi variandid olid tavasüsteemi väetatud variantidest aastate keskmisena 28–37% väiksemad. Üheks põhjuseks, miks maheviljeluses on väiksemad terasaagid, on lämmastiku kättesaadavuse ebaregulaarsus maheviljeluses, sest orgaaniline lämmastik peab läbima mineraliseerumisprotsessi, et muutuda taimedele kättesaadavaks. Väga oluline on mineraalse lämmastiku kogus, mis oleks taimedele kättesaadav nende võrsumis- ja kõrsumisfaasis (Osman et al. 2011). Hanell et al. (2004) jõudsid järeldusele, et väiksemate lämmastikukoguste tõttu on mahepõldudel kasvanud nisu terasaak ja proteiinisaldus väiksem kui tavapõldude nisul. Võib järeldada, et tavavariantide väetamine mineraalväetisega andis usutavalt paremaid tulemusi terasaagile.



Dispersioonanalüüsist selgus, et terasaaki mõjutas usutaval määral ka ilmastik. 2007. aastal Sakus korraldatud talinisu põldkatsetest selgus, et lämmastikuga väetatud variantides oli talinisu saagikus 61,1–66,5% suurem kui väetamata variantides (Järvan et al. 2009).



Joonis 1. Väetisvariandi mõju talinisu terasaagile katse aastate 2013–2017 keskmisena.

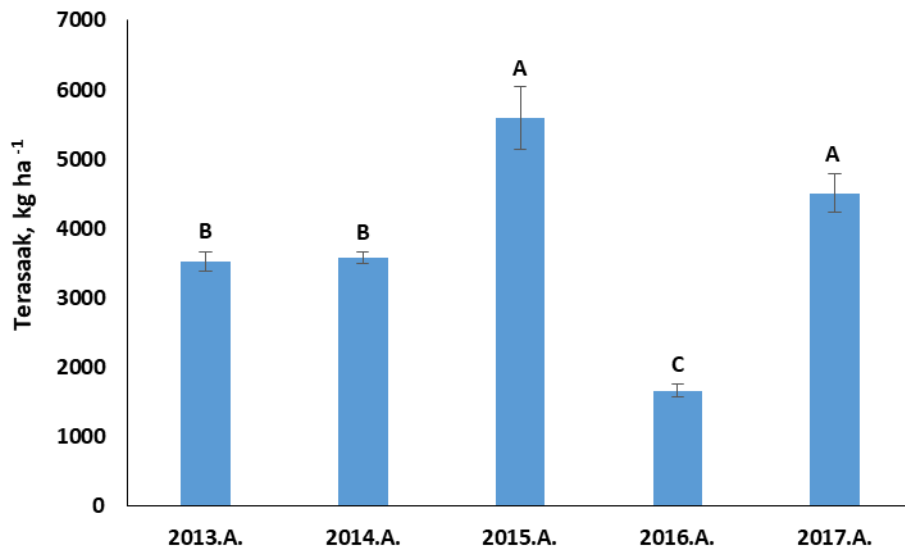
\*Org 0 – maheüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le ka vahetult poolt seotud lämmastik; Org II – N<sub>2</sub> + sõnniku lämmastik; N0 – tavaliste maheüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavaliste maheüsteemide talinisu saagile antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup>;

\*\*Jooned tulpadel on ±SE; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust

Ilmastik mõjutas talinisu saaki 54 % ulatuses. Eelkõige oli terasaak mõjutatud maikuu sademete kogusest ja temperatuurist – aastal 2016 oli maikuu sademete kogus väga väike, samas temperatuur keskmisest kõrgem.

Ilmastiku poolest olid talinisu saagi kujunemisel kõige soodsamad 2015. ja 2017. a., kui maikuu keskmine temperatuur oli teiste käsitletavate aastatega võrreldes kuni 4,8 °C madalam. See pikendas talinisu võrsumisperioodi, suurenes produktiivvõrsete arv pinnaühiku kohta kuni 8%, mis mõjutas ka edaspidise saagi suurust. Pikema võrsumisperioodiga tekib rohkem võrseid. Samas ei ole ka liiga suur võrsete arv hea, sest see soodustab talinisu jahukaste ja lumiseene levikut, aga ka orase ärahaudumist talvel (Lepajõe 1984: 24). Usutavalt madalam saagikus 2016.a. aastal oli põhjustatud talinisu

Fredis ebaõnnestunud talvitumisest, mille tõttu  $\frac{3}{4}$  katsealast tuli ümber künda ja sellele alale külvati suvinisu.



Joonis 2. Aasta ilmastiku mõju talinisu terasaagile väetisvariantide keskmisena.

\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Sakus tehtud katsel talinisu pealtväetamisel koos lämmastikuga antud väävel osutus eriti efektiivseks 2004. aasta tingimustes, mil vääveli vabanemine mulla varudest oli väga jaheda varakevade tõttu tõenäoliselt pidurdunud (Koppel, Ess, 2007).

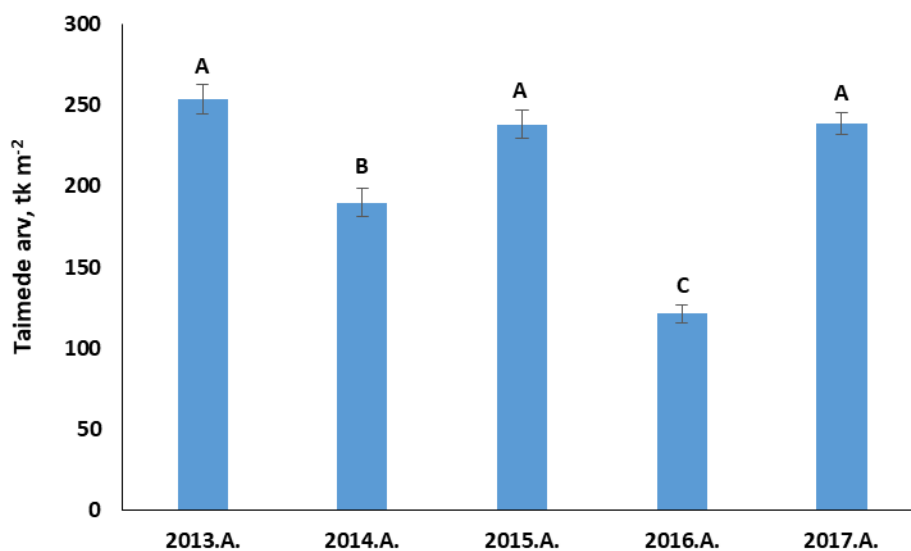
### 3.2. Talinisu terasaagi kujunemine

Talinisu Fredis terasaagi kujunemist mõjutasid saagistruktuuri elementidest eelkõige taimede arv pinnaühikul, maapealse biomassi suurus ja negatiivses mõttes taimiku umbrohtumine (seda just mahesüsteemis).

### 3.2.1. Talvitunud taimede arv pinnaühiku kohta

Talviljade puhul on väga oluline õnnestunud talvitumine ehk talvitunud taimede arv pinnaühikul. Dispersioonanalüüs näitas, et aasta ilmastik mõjutas talvitumist ja taimede arvu pinnaühikul 59% ulatuses, väetisvariandi mõju ei olnud usutav. Nagu eelpool nimetatud, ebaõnnestus aastal 2016 talinisu talvitumine, mistõttu osa katselappidest külvati üle suvinisuga (joonis 3).

Talinisu võrsumine algab sügisel ning jätkub kevadel. Kui talinisu pole 15. septembriks tärganud, siis on tõenäoline, et oras jääb talvituma kahes lehes. Produktiivvõrsete arvu saab suurendada külvisse normi suurendades või kultuuri võrsumisvõimet ära kasutades (Alaru *et al.* 2012).



Joonis 3. Ilmastiku mõju talinisu taimede arvule pinnaühiku kohta (tk/m<sup>2</sup>) väetisvariantide keskmisena.

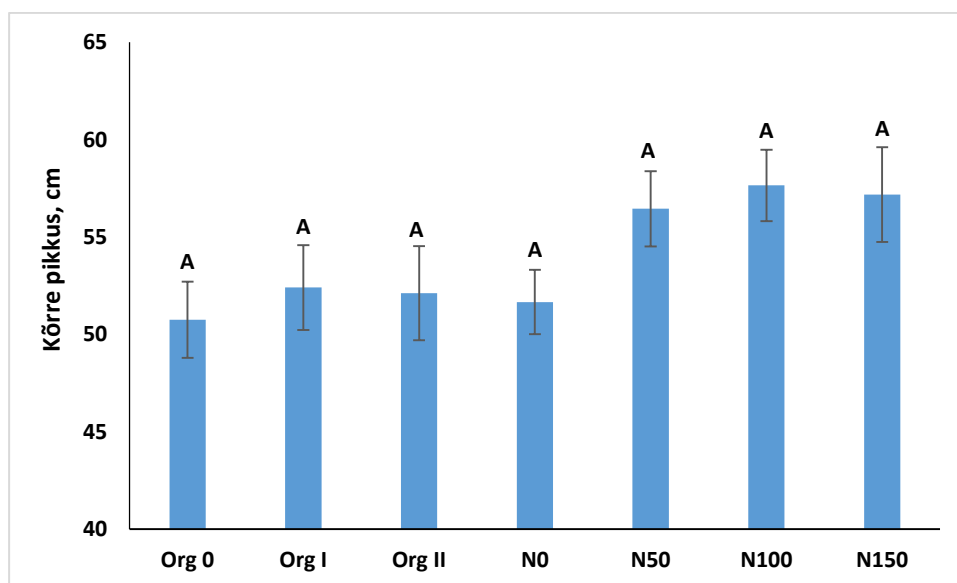
\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

### 3.2.2. Maapealne biomass

Taimede maapealset biomassi mõjutab eelkõige lämmastiku kättesaadavus taimede kiire kasvuperioodi ajal (talinisul maikuu; White, Wilson 2006). Lämmastik aitab suurendada ka kõrre pikkust, kuna suur maapealne biomass omab suuremat toitainete varu. See suunatakse hiljem terade täitumisperioodil lehtedest ümber teradesse, mis suurendab tera

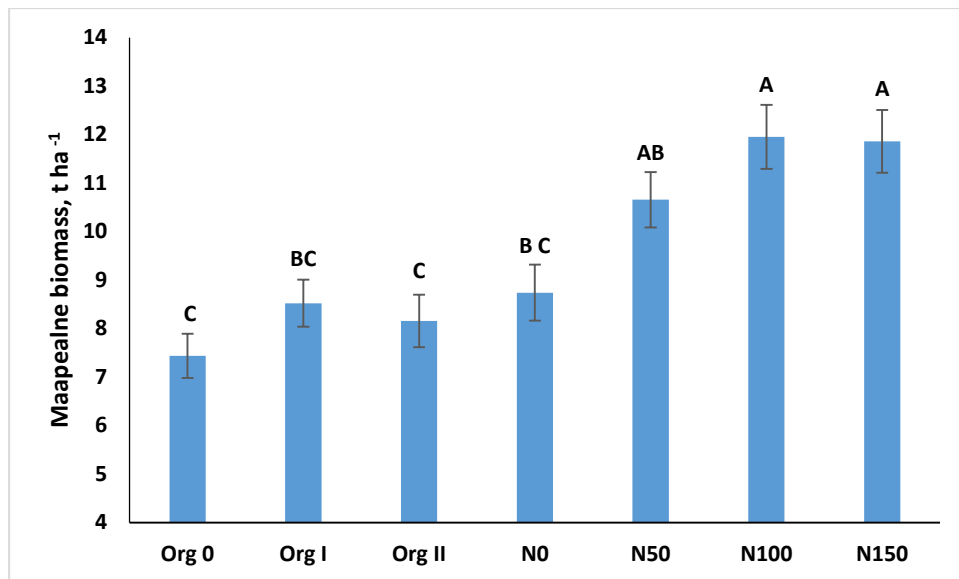
massi ja mahumassi. Mida suurem on biomass, seda suurem on ka teradesse kogunev toitainete kogus.

Korrelatsioonanalüüsi järgi oli talinisu terasaagi ja pea ning kõrre pikkuse vahel positiivne seos ( $R=0,23$  ja  $0,72$ ;  $p<0,05$  ja  $p<0,001$ , vastavalt). Tavasüsteemi väetatud variantidel oli taimede kõrre pikkus võrrelduna mahesüsteemi variantidega 7–12% suurem, mis kajastus hiljem ka biomassi suuruses. Korduste vahelise suure erinevuse tõttu ei olnud kõrre pikkuse näitajad tavasüsteemis võrreldes mahesüsteemi variantidega statistiliselt usutav (joonis 4). Maapealse biomassi suurus oli tavasüsteemi mineraallämmastikuga väetatud variantidel võrreldes mahesüsteemi variantidega 20–38% suurem (joonis 5). Ka Křen et al. (2014) leidsid, et lõplik terasaak sõltub oluliselt võrsete arvust ja maapealsest biomassist pinnaühiku kohta.



Joonis 4. Talinisu taimede kõrre pikkus erinevatel väetisvariantidel katseaastate keskmisena.

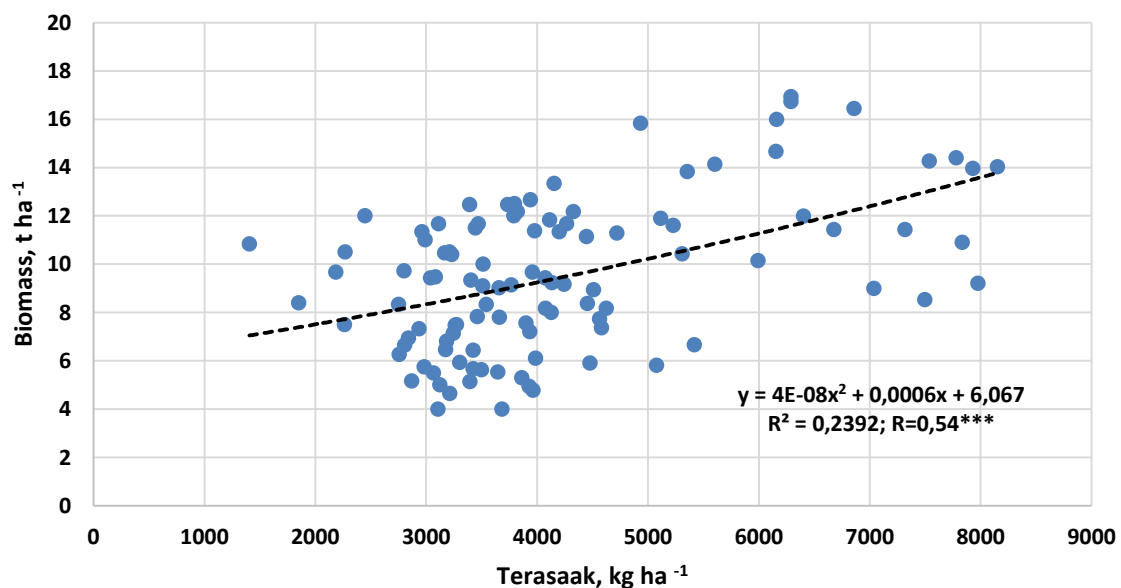
\*Org 0 – mahesüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri  $N_2$ ; Org I – lämmastikuallikaks lisaks  $N_2$ -le ka vahekultuuride poolt seotud lämmastik; Org II –  $N_2$  + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup>; \*\*Jooned tulpadel on  $\pm SE$ ; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.



Joonis 5. Talinisu maapealne biomass erinevatel väetisvariantidel aastate 2013–2017 keskmisena.

\*Org 0 – maheüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le ka vahetult poolt seotud lämmastik; Org II – N<sub>2</sub> + sõnniku lämmastik; N0 – tavaliste maheüsteemide kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavaliste maheüsteemide talinisuale antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup>; \*\*Jooned tulpadel on ±SE; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

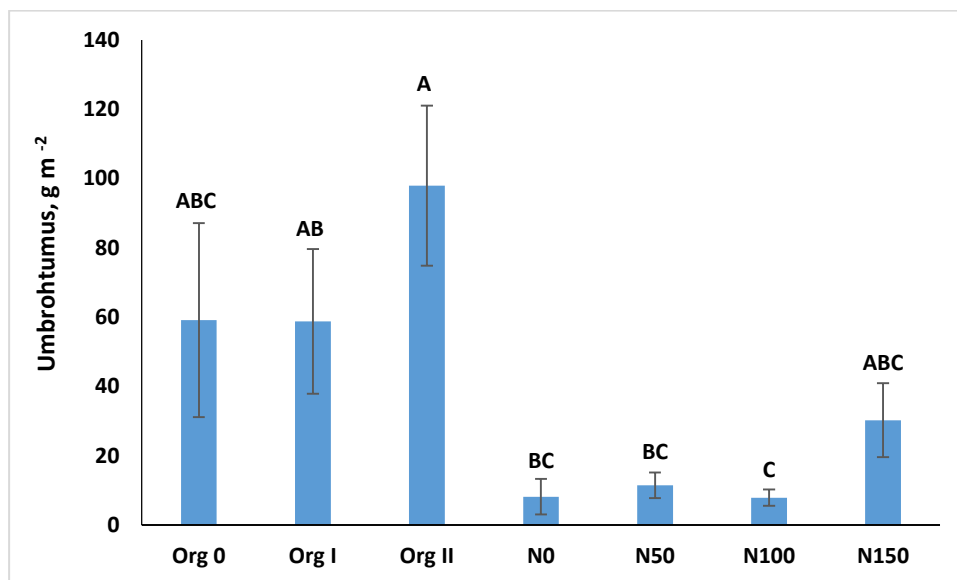
Joonisel 6 on toodud talinisu maapealse biomassi ja tema terasaagi vaheline positiivne korrelatiivne seos.



Joonis 6. Seos maapealse biomassi ja talinisu terasaagi vahel.

### 3.2.3. Umbrohtumine

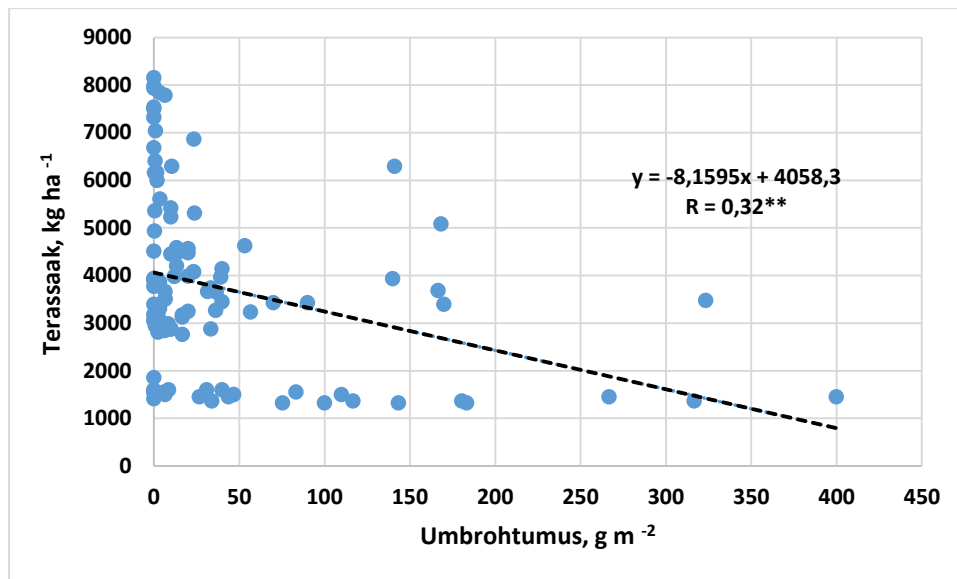
Maheviljeluses on suureks probleemiks taimiku umbrohtumine, sest keemilisi taimekaitsevahendeid ei või kasutada. Umbrohuseemnete idanemise ajastust ja idanenud seemnete hulka mõjutavad temperatuur, niiskus, valgus, aga ka mulla tekstuur, tihenemine ja mullaõhu koostis. Valdav osa umbrohuseemnetest viiakse mulda harimisega, kus nad võivad aastaid püsida idanemisvõimelistena (Kuht *et al.* 2017: 53). Ka meie katses mõjutas talinisu saagi suurust mahesüsteemi variantide umbrohtumine, korrelatsioonanalüüsi järgi oli terasaagi ja umbrohtumise vahel negatiivne seos ( $R = -0,32$ ;  $p < 0,01$ ). Mahesüsteemi variantides oli umbrohtude mass  $m^2$  kohta 58,7–97,9 g, mis oli 2–12 korda rohkem kui tavasüsteemi variantides, kus kasutati ka herbitsiide (joonised 7 ja 8).



Joonis 7. Talinisu taimiku umbrohtumine erinevatel väetisvariantidel aastate 2013–2017 keskmisena.

\*Org 0 – mahesüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>; Org I –lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le ka vahekultuuride poolt seotud lämmastik; Org II – N<sub>2</sub> + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisuale antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup>;

\*\*Jooned tulpadel on  $\pm SE$ ; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.



Joonis 8. Talinisu terasaagi ja umbrohtumise vaheline seos.

Kõige suurem umbrohtumine oli mahesüsteemi sõnnikuga väetatud variandil, mi oli põhjustatud. Ilmselt sellest, et umbrohuseemned toodi põllule koos sõnnikuga. Antud variandi umbrohtumine oli kuni 40 % suurem võrreldes mahesüsteemi teiste variantidega ja kuni 12 korda suurem tavasüsteemi variantidega.

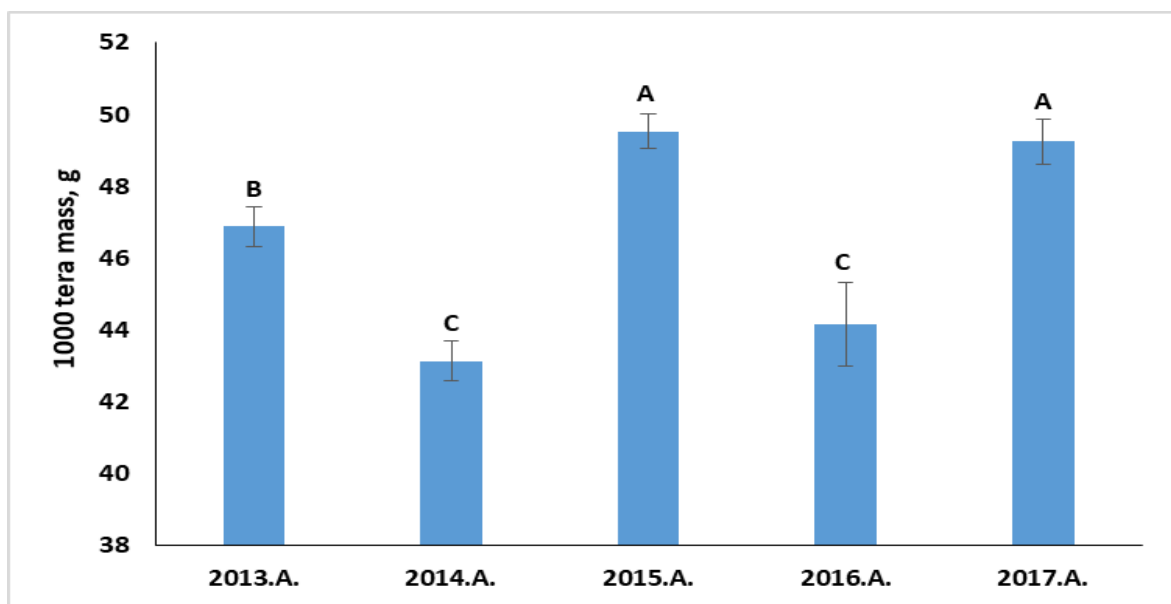
### 3.3. Talinisu terade kvaliteet

#### 3.3.1. 1000 tera mass

1000 tera mass on kvaliteedi näitaja, milles peegeldub erinevate faktorite koosmõju, mis kokkuvõttes on taimedele kas soodsad või ebasoodsad kasvutingimused (Koppel, Ess, 2007; Mohammadi jt, 2012).

Talinisu kvaliteedi näitajatest 1000 seemne mass oli usutaval määral mõjutatud aasta ilmastikust (joonis 9). Väetisvariantide mõju 1000 tera massile kirjeldava analüüsi järgi ei olnud usutav (joonis 10), küll oli aga seda aasta ilmastiku mõju ja seda dispersioonanalüüsi järgi 66% ulatuses. 1000 tera mass tavasüsteemi variantides katseaastate keskmisena oli 47,2–47,7 g, mis oli mahesüsteemi variantidest 3–6% kõrgem, kuid korduste ja aastate vahelise suure erinevuse tõttu ei olnud see statistiliselt usutav.

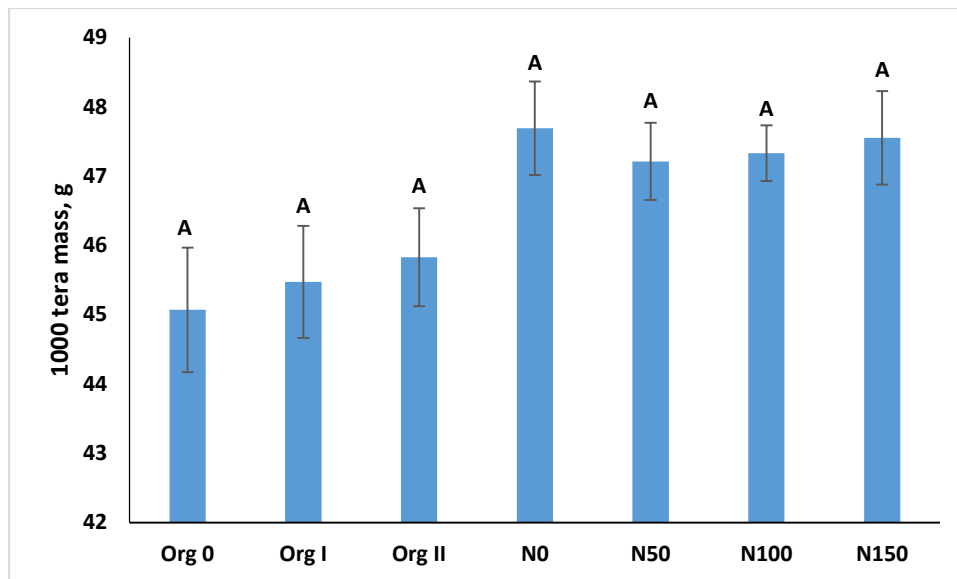
Aastal 2014 ja 2016 oli sademete kogus juunis ja juulis 1,3–1,6 korda kõrgem kui aastate keskmine, lisaks oli aastal 2014. juulikuu temperatuur pikaajalisest keskmisest näitajast 2,4 °C võrra suurem – kokkuvõtvalt võis see mõjuda ebasoodsalt toitainete liikuvusele teradesse ja põhjustada 1000 tera massi vähenemise. See ühtib ka Gaile et al. (2017) tulemustega. Koppel ja Ess (2007) on toonud oma uurimuses välja, et ekstreemsete talvedega aastatel



Joonis 9. Aasta ilmastiku mõju talinisu 1000 tera massile väetisvariantide keskmisena

\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.





Joonis 10. Talnisu terade 1000 tera mass erinevatel väetisvariantidel katseaastate 2013–2017 keskmisena.

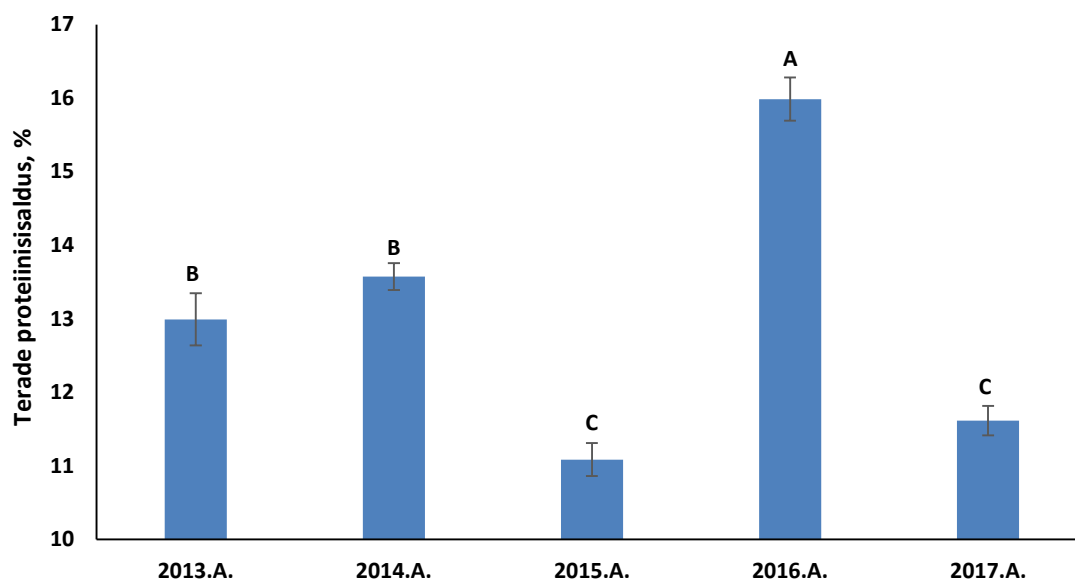
\*Org 0 – maheüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>; Org I – lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le ka vahetult poolt seotud lämmastik ; Org II – N<sub>2</sub> + sõnniku lämmastik; N0 – tavalisüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavalisüsteemis talnisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup> ; \*\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

mõjutab kesine talvekindlus lisaks saagitasemele ka tera kvaliteeti - väheneb talveõrnemate sortide 1000 tera mass.

### 3.3.2. Tera proteiinisaldus

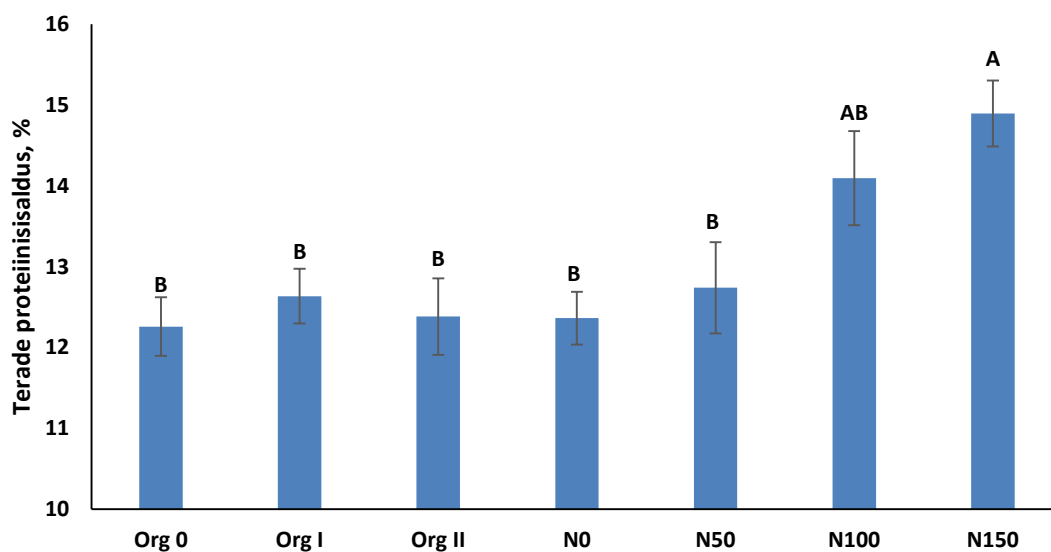
Terade kleepvalgu ja proteiinisaldus sõltuvad sordist, ilmast, mullastikust ja agrotehnikast. Proteiinisaldus ja terasaak on enamasti negatiivses korrelatsioonis (Bogard *et al.*, 2010). Sama tulemuse saime ka meie oma katses, kus terasaagi ja terade proteiinisalduse vahel oli tugev negatiivne korrelatsioon ( $R = -0,46$ ;  $p < 0,001$ ). Kirjanduse andmetel ka sademete summa 55–40 päeva enne täisküpsust on proteiinisaldusega negatiivses korrelatsioonis. Samas, mida kõrgema saagivõimega sort, seda madalam on tavaliselt selle proteiinisaldus kuigi proteiini saak pindalaühiku kohta võib olla kõrge (Koppel, Ess 2007: 78; Lepajõe 1984:41).

Järvan *et al.* 2004–2008 a. läbi viidud katsete alusel ei saa nad täies ulatuses järeldada, et põua ja kõrge temperatuuri tingimustes kasvanud nisu proteiinitase oleks tavaliselt kõrgem, kuigi mõned autorid seda väidavad (Thomason *et al.*, 2007) (Talinisu... : 14).



Joonis 11. Aasta ilmastiku mõju terade proteiinisaldusele.

\*Org 0 – maheüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>; Org I –lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le ka vahekultuuride poolt seotud lämmastik ; Org II – N<sub>2</sub> + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup> ; \*\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.



Joonis 12. Väetisvariantide mõju terade proteiinisaldusele.

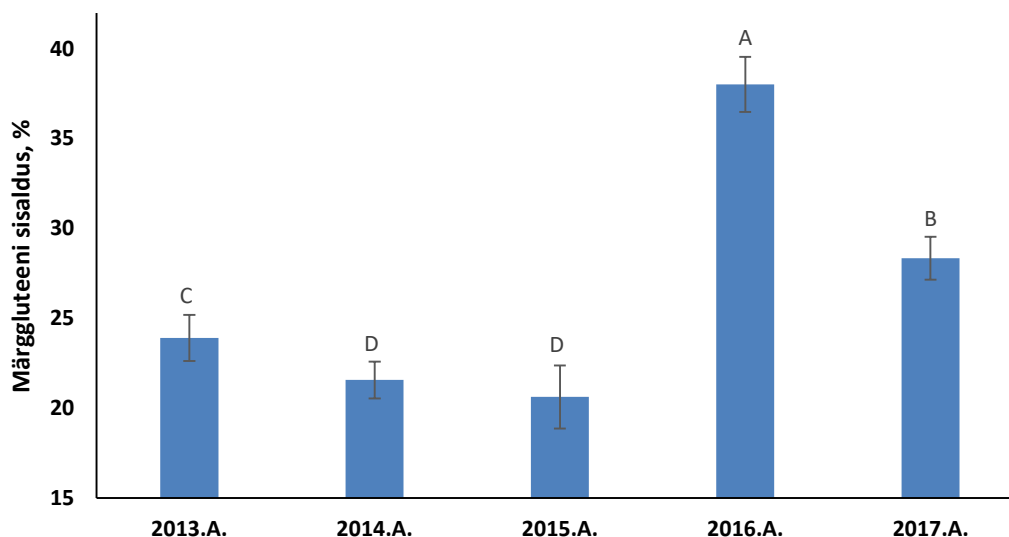
\*Org 0 – maheüsteemi kontrollvariant, mille lämmastiku allikaks oli külvikorras kasvanud liblikõieliste kultuuride poolt sümbiootiliselt seotud atmosfääri N<sub>2</sub>; Org I –lämmastikuallikaks lisaks N<sub>2</sub>-le ka vahekultuuride poolt seotud lämmastik ; Org II – N<sub>2</sub> + sõnniku lämmastik; N0 – tavasüsteemi kontrollvariant; N50, N100, N150 – tavasüsteemis talinisule antud mineraalse N kogused vastavalt 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup> ; \*\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Väetisvariantidel N100 ja N 150 oli proteiinisaldus usutavalt suurem tänu väetise jaotatult andmisele taimede kahes erinevas arengufaasis. Seda kinnitavad ka kirjanduse andmed (Xue *et al.*, 2016).

### 3.3.3. Gluteeni sisaldus

Gluteeni ehk kleepvalgu sisaldus näitab nisujahus sisalduvate valkude kompleksi, mis veega segades aitab hoida kinni õhumulle, soodustades nii taigna kerkimist (Lepajõe 1984: 9). Gluteenisaldus on seotud proteiinisaldusega, mis omakorda sõltub lämmastikuga väetamisest. Samuti mõjutab gluteenisaldust teras koristusaegne ilmastik (Teesalu et al. 2012: 75). Eestis peab kõrgema kategooria vilja kleepvalgu tase olema minimaalselt 28% ja kolmanda kategooria nisul 24% (Ingver, Koppel 2014).

Dispersioonanalüüsi järgi oli terade gluteeni sisaldus eelkõige mõjutatud aasta ilmastikust (79% ulatuses) ja seejärel väetisvariandist (9% ulatuses).

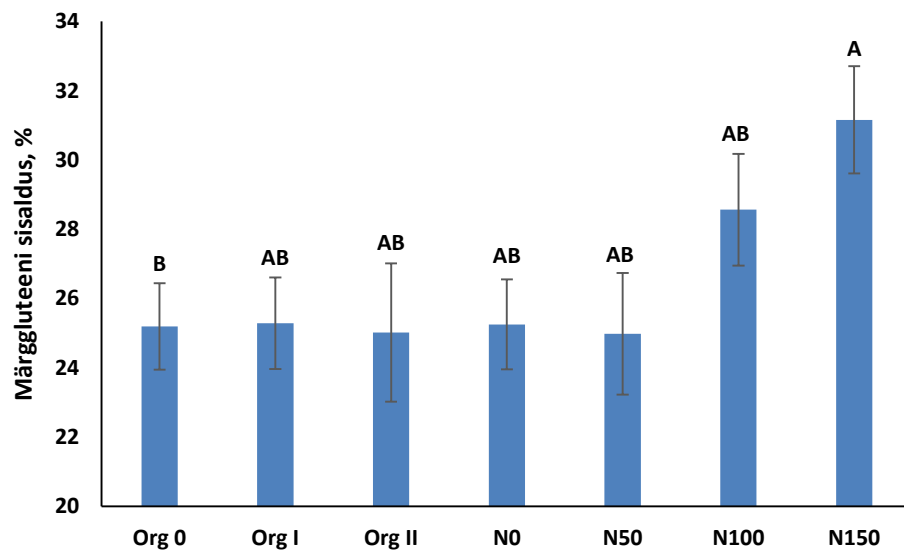


Joonis 13. Ilmastiku mõju terade gluteeni sisaldusele aastate 2013-2017 keskmisena.

\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Xue et al. (2016) andmetel lämmastikväetisega väetamine suurendab terades proteiinisaldust, kuid väetise jaotatult andmine (kõrsumis-, loomis- ja õitsemisfaasis) mõjutab proteiini koostist, suurendades gliadiinide ja gluteniinide sisaldust ja ka teatud kõrgemolekulaarmassiga gluteniini ühendeid, mis parandavad nisu küpsetusomadusi. Ka

meie katses suurendas lämmastikväetise jaotatult andmine (väetisvariandid N100 ja N150) taimede võrsumis- ja loomiseelses faasis (BBCH 32 ja 47, vastavalt) nende gluteenisisaldust terades.



Joonis 14. Väetisvariantide mõju terade gluteeni sisaldusele aastate 2013-2017 keskmisena.

\*Jooned tulpadel on  $\pm$ SE; \*\*erinevad tähed tähistavad usutavat erinevust.

Terade gluteenisisaldus on oluline näitaja nisu küpsetusomaduste hindamisel. Mida kõrgem on kleepvalgu sisaldus, seda paremini tainas kerkib ning seda suurem on saiapätsi ruumala (Lepajõe, 1984).

## KOKKUVÕTE

Maheviljelus ja mahetoodang on viimastel aastatel üha rohkem hoogu kogumas. Tekkinud arutelude tõttu, et kui palju erineb terasaak mahe- ja tavaviljeluses, oli põhjus, miks loodi 2008. aastal Eerikale Eesti Maaülikooli katsepõldudele mahe- ja tavatootmist võrdlev katsepõld. Eesmärgiks oli võrrelda väetussüsteemist lähtuvalt mahe- ja tavakülvikorras talinisu saagikust ja selle kvaliteedinäitajaid (1000 tera mass, mahumass, terade proteiinisaldus ja gluteenisisaldus). Antud uurimustöös kasutatakse aastatel 2013–2017 kogutud andmeid, et võrrelda tava- ja maheviljelusviisi mõju talinisu terasaagi kujunemisele. Maheviljeluse süsteemis oli kasutusel kolm väetisvarianti (Org 0, Org I ja Org II), kus lämmastiku allikateks olid vastavalt külvikorras olnud liblikõieliste poolt seotud õhulämmastik  $N_2$ , lisaks õhulämmastikule veel talviste vahekultuuride poolt kogutud N ja ka sõnnikulämmastik. Tavaviljeluse süsteemis oli kasutusel neli varianti, kus mineraalse lämmastikväetisega  $NH_4NO_3$  viidi mulda 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Neid variante võrreldi kontrollvariandiga, millele lämmastikväetist ei antud (variandid vastavalt N0, N50, N100, N150).

Antud uurimustöö esimeseks hüpoteesiks oli, et talinisu terasaak sõltub eelkõige ilmastikust ja seejärel viljelusviisist. See hüpotees leidis ka kinnitust, sest dispersioonanalüüsi järgi mõjutas terasaagi suurust katseaasta ilmastik 54% ulatuses ja väetisvariant katseaastate keskmisena 25% ulatuses. 2013–2017. a keskmisena jäid tavasüsteemi väetatud variantide saagid 5272–5510 kg ha<sup>-1</sup> piiresse, kusjuures võrreldes mahesüsteemi variantidega oli statistiliselt usutavalt kõrgem ainult N100 väetisvariant. Mahesüsteemi variandid olid tavasüsteemi väetatud variantidest aastate keskmisena 28–37% väiksemad. Ilmselt on see põhjustatud sellest, et mineraalne lämmastik oli kevadel taimedele kiiremini kättesaadavam.

Uurimustöö teine hüpotees ei leidnud kinnitust. Kuigi tavaliselt on teraviljade terasaagi kujunemisel määrava tähtsusega produktiivvõrsete arv pinnaühiku ja taime kohta, siis meie käsitletud perioodil aastate keskmisena oli olulisimaks saagistruktuuri elemendiks taimede arv ja maapealne biomass pinnaühiku kohta ( $R=0,40$ ;  $p<0,001$ ). Dispersioonanalüüs näitas, et aasta ilmastik mõjutas talvitumist ja taimede arvu pinnaühikul 59% ulatuses, väetisvariandi mõju ei olnud usutav.

Korrelatsioonanalüüsi järgi oli talinisu terasaagi ja pea ning kõrre pikkuse vahel positiivne seos ( $R=0,23$  ja  $0,72$ ;  $p<0,05$  ja  $p<0,001$ , vastavalt). Tavasüsteemi väetatud variantidel oli taimede kõrre pikkus võrrelduna mahesüsteemi variantidega 7–12% suurem, mis kajastus hiljem ka biomassi suurus. Korduste vahelise suure erinevuse tõttu ei olnud kõrre pikkuse näitajad tavasüsteemis võrreldes mahesüsteemi variantidega statistiliselt usutav. Maapealse biomassi suurus oli tavasüsteemi mineraallämmastikuga väetatud variantidel võrreldes mahesüsteemi variantidega 20–38% suurem.

Meie katses uuritud faktoritest mõjutas 1000 tera massi usutavalt ainult aasta ilmastik (dispersioonanalüüsi järgi 66% ulatuses), kusjuures oluliseks osutus sademete kogus juunis ja juulis. 1000 tera mass tavasüsteemi variantides katseaastate keskmisena oli 47,2–47,7 g, mis oli mahesüsteemi variantidest 3–6% kõrgem, kuid korduste vahelise suure erinevuse tõttu ei olnud see statistiliselt usutav.

Katses selgus, et terade proteiinisaldust mõjutas eelkõige aasta ilmastik (63%) ja seejärel väetisvariant (19%). Ka meie katses leiti, et terasaagi ja proteiinisalduse vahel on negatiivne korrelatsioon 99,9% tõenäosuse juures. Dispersioonanalüüsi järgi oli ka terade gluteeni sisaldus eelkõige mõjutatud aasta ilmastikust (79% ulatuses) ja seejärel väetisvariandist (9% ulatuses).

Taimede seisukohalt on oluline, et lämmastik oleks mullast hästi kättesaadav, see on lisaks ilmastikule tähtsaks mõjutavaks teguriks saagi ja kvaliteedi kujunemisel. Eerikal tehtud katse tõestas, et liblikõieliste poolt seotud õhulämmastik ning erinevate vaheteguritega ja hästi komposteeritud sõnnikuga mulda viidud orgaaniline lämmastik ei olnud mahesüsteemis kasvavatele talinisu taimedele kevadel, nende kiirel kasvuperioodil (võrsumine, kõrsumine) piisaval määral kättesaadav, mille tulemusel jäid saak ja saagi kvaliteet halvemaks. Tavasüsteemis olid saagi kvaliteedi näitajad paremad, kuna taimedele kohe omastatavat ehk mineraliseerunud väetist anti nii võrsumis- kui ka loomiseelses faasis.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Adamson, A., Järvan, M.** (2006). Väevli mõju talinisu saagistruktuuri elementidele ja saagikusele. – *EMVI teadustööde kogumik LXXI*, lk 61–66.
- Alaru, M., Metspalu, L.** (2017). Mahetootmine muudab põllumajanduse kestlikumaks. Teaduselt mahepõllumajandusele. - *Konverentsi „Mahepõllumajandus ja keskkond“ toimetised*. Tartu: 2017.
- Are, M., Reintam, E., Selge, A., Sanches de Cima, D.** (2015). Mulla tallamise järelmõju mulla omadustele ja rohumaa saagikusele - *Agronoomia 2015*, lk 10–15.
- Bogard, M., Allard, V., Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Machet, J.M., Jeuffroy, M.H., Gate, P., Martre, P., Le Gouis, J.** (2010). Deviation from the grain protein concentration-grain yield negative relationship is highly correlated to post-anthesis N uptake in winter wheat. *Journal of Experimental Botany*, 2010 Oct, 61(15):4303–4312.
- Cerall. (16.12.2005). [veebileht].  
<https://kasvinsuojeluaineet.tukes.fi/KareDocs%5C2786CERALL.pdf> .(05.05.2018).
- Cerall. Bioagri. [veebileht].<https://www.bioagri.se/produkter/> .(05.05.2018).
- Eesti Statistikaamet. (2018). [veebileht].  
<http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=PM03> (04.05.2018).
- Ess, M.** (2015). Vahekultuurid kui üks mullaviljakuse võti - *Maheviljelus 2015*. Eesti Põllumajandus-kaubanduskoda, lk 9–14. [e-ajakiri].  
[https://mahekoda.files.wordpress.com/2015/07/maheviljelus\\_2015\\_trc3bckis.pdf](https://mahekoda.files.wordpress.com/2015/07/maheviljelus_2015_trc3bckis.pdf) (10.05.2018)
- Gaile, Z., Ruza, A., Kreita, D., Paura, L.** (2017). Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient - *Agronomy Research*, 15(1), 79–93.
- Hanell, U., L-Baeckström, G & Svensson, G.** (2004). Quality studies on wheat grown in different cropping systems: a holistic perspective. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 54 (4): 254–263.
- Ingver, A., Koppel, R., Koppel, M.** (2011). Nisu kvaliteet erinevates riikides - *Efektiivne taimekasvatus. Aastaseminar 2011*, lk 26–31.
- Jänes, A.** (2015). Mineraalid ja aktivaatorid = ja toitaineterikas muld - *Maheviljelus 2015*. Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda, lk. 2–5. [e-ajakiri]  
[https://mahekoda.files.wordpress.com/2015/07/maheviljelus\\_2015\\_trc3bckis.pdf](https://mahekoda.files.wordpress.com/2015/07/maheviljelus_2015_trc3bckis.pdf). (10.05.2018)

**Järvan, M., Lukme, L., Akk, A., Edesi, L., Adamson, A.,** (2009). Talinisu saagikus, kvaliteet ja küpsetusomadused sõltuvalt lämmastikuga ja väävliga väetamisest. [e-ajakiri] [http://agrt.emu.ee/pdf/2012\\_1\\_jarvan1.pdf](http://agrt.emu.ee/pdf/2012_1_jarvan1.pdf). (01.05.2018).

**Kangor, T., Koppel, R.** (2011). Talinisu produktiivsuse seos kevadise väetamisega. – *Efektiiivne taimekasvatus. Aastaseminar 2011*, lk 18–25.

**Kauer, K., Tein, B., Talgre, Eremeev, V., Luik, A.** (2015) Viljelussüsteemide mõju mulla süsinikuvarule. *Agronomia 2015*, lk 16–21.

**Koppel, R., Ingver, A., Ruzgas, V.** (2010). Talinisu aretuse lähtematerjali ja perspektiivsete aretiste saak ja kvaliteet 2005.2009.a Jõgeva SAI-s - *Sordiaretus ja seemnekasvatus*. Jõgeva Sordiaretuse Instituut, lk 42–51.

**Koppel, R., Ingver, A., Haljak, M.** (2010). Talinisu perspektiivsete aretiste saak ja kvaliteet sõltuvalt agrotehnika intensiivsusest. *Sordiaretus ja seemnekasvatus*. Jõgeva Sordiaretuse Instituut, lk 52–57.

**Křen, J., Klem, K., Svobodová, I., Miša, P., Neudert, L.** (2014). Yield and grain quality of spring barley as affected by biomass formation at early growth stages. *Plant Soil Environment*. 60. 5, pp 221–227.

**Koppel, M., Sooväli, P., Sildoja, K.** (2009). Talinisu haiguste levik ja tõrje 2008. aastal. - *Aastaseminar 2008. Põllukultuuride sordid, omadused ja soovitusi kasvatamiseks*. OÜ Vali Press, lk 60–67.

**Kuht, J., Eremeev, V., Talgre, L., Madsen, H., Toom, M., Loit, E., Luik, A.** (2017). Muutused mulla umbrohuseemnete sisalduses maheviljelusliku taimekasvatuse alguses - *Taimekasvatuse alased uuringud Eestis 2017*. AS Rebellis. Jõgeva, lk 53–58.

**Lepajõe, J.** (1984). Nisu. Tallinn: Tallinn „Valgus“, 133 lk.

Maaelu Edendamise Sihtasutuse nõuandeteenistus. [veebileht].

<https://www.pikk.ee/valdkonnad/taimekasvatus/teraviljakasvatus/levik/> (04.05.2018).

Maaeluministeerium. Mahepõllumajandus. [veebileht].

<https://www.agri.ee/et/eesmargid-tegevused/mahepollumajandus> (05.05.2018)

Mahepõllumajanduse seadus. - *Riigi Teataja*. (jõustunud 01.01.2007). <https://www.riigiteataja.ee/akt/101092015023> (05.05.2018).

MES Nõuandeteenistus. [veebileht]. [www.pikk.ee](http://www.pikk.ee). (02.05.2018).



Methods of Soil and Plant Analysis, 1986. Agricultural Research Centre, Department of Soil Science. Jokioinen, Finland, 45 pp.

**Mohammadi, M., Sharifi, P., Karimizadeh, R., Shefazadeh, M.K.** (2012). Relationships between grain yield and yield components in bread wheat Under different water availability (dryland and supplemental irrigation conditions). *Not Bot Horti Agrobo*. pp. 195–200

Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. [veebileht]. <http://www.notulaebotanicae.ro/index.php/nbha/index> (02.05.2018).

**Osman, A. M., Struik, P. C. & Lammerts van Bueren, E.T.** (2011). Perspectives to breed for improved baking quality wheat varieties adopted to organic growing conditions. *Journal of The Science of Food & Agriculture* 92: 207–215.

Põllumajandusamet (2018). [veebileht]

<http://www.pma.agri.ee/index.php?id=104&sub=128&sub2=411> (01.05.2018).

**Reintam E., Köster T.** (2006). The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and Soil Taxonomy criteria. *Geoderma*, Elsevier, 136: 199–209.

**Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M., Slafer, G.** (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell and Environment* 35, p. 1799–1823.

Riigi Teataja. Mahepõllumajanduse seadus. (s.a.) [veebileht]

<https://www.riigiteataja.ee/akt/101092015023> (13.05.2018)

**Sooväli, P.** (2011). Probleemsemad teraviljahaigused 2010.a ja märkimisväärsed taime mõjutajad. – *Efektivne taimekasvatus. Aastaseminar 2011*, lk 36–41.

**Talgre, L., Eremeejev, V., Reintam, E., Tein, B., Sanches de Cima, D., Madsen, H., Alaru, M., Luik, A.** (2015). Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust. – *Teaduskonverents „Agronoomia 2015“ kogumik*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 40–44.

**Talgre, L., Lauringson, E.** (2015). Toitainete vabanemine liblikõieliste lagunemisel. – *Teaduskonverents „Agronoomia 2015“ kogumik*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 45–49.

**Tamm, I.** (2011). Mahe- ja tavatootmise võrdlus. [veebileht]. [https://issuu.com/ivar/docs/ldf-24lpp\\_ieksha\\_est](https://issuu.com/ivar/docs/ldf-24lpp_ieksha_est). (25.04.2018).

**Tamm, I., Ingver, A., Koppel, R., Tupits, I., Narits, L., Tamm, Ü., Ess, M., Sepp, K., Vetemaa A.** (koost). (2016). Mahepõllumajanduslik teravilja- ja õlikultuuride kasvatus. Eesti Mahepõllumajanduse Sihtasutus, 32 lk.

**Tamm, K.** (2015). Erinevate viljelusmeetodite ( sh. otsekülv) rakendusteaduslik kompleksuuring Riikliku programmi “Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus aastatel 2009–2014” projekti lõpparuanne, lk 120.

**Tampere, M., Kauer, K., Keres, I., Laidna, T., Loit, E., Parol, A., Selge, A., Viiralt, R., Raave, H.** (2015). Rohumaa mulla mikrobionaalne aktiivsus sõltuvalt väetamisest. -*Teaduskonverents „Agronoomia 2015“ kogumik*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 51–54.

Tartu Mill (2017). <http://tartumill.ee/et/tarnijale/>. [veebileht]. (10.05.2018).

**Tein, B., Kauer, K., Ereemeev, V., Luik, A., Selge, A., Loit, E.** (2014). Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. - *Field Crops Research* 156. lk 1–11.

**Teesalu, T., Rossner, H., Toomsoo, A., Leedu, E., Astover, A.** (2012). Haava puitmassi jääkmuda ja selle klinkritolmuga segu mõju suviteraviljade saagile ja kvaliteedile. *Agronoomia* 2012, lk 73–80

Veekaitseenõuded väetise- ja sõnnikuhoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded1. (Jõustunud 18.03.2004). Riigi Teataja. [veebileht]. <https://www.riigiteataja.ee/akt/720428> (3.05.2018).

Wiru vili. (2017). <http://wiruvili.ee/mahevilja-kvaliteedinouded-2017/> . [veebileht]. (10.05.2018).

**White, E.M., Wilson, F.E.A.** 2006. Responses of grain yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45: 85–101

**Xue, C., Erley, G.S., Rossmann, A., Schuster, R., Koehler, P., Mühling, K.-H.** (2016). Split Nitrogen Application Improves Wheat Baking Quality by Influencing Protein Composition Rather Than Concentration. *Plant Science*, 7, Article 738, 1–11.

**LISAD**

## Lisa 1.



Autori foto, 2018 jaanuar

Mahe- ja tavatootmises kasvatatud talinisu seemnete võrdlusest pilt, ülemisel real on mahedalt kasvatatud 20 suvaliselt valitud viljapea seemeta, alumisel real tavatootmises kasvatatud 20 suvaliselt valitud viljapea seemet.

## Lisa 2.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina,

Madis Kängsep,

*(autori nimi)*

sünniaeg 25.02.1995,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö  
TALINISU TERASAAGI KUJUNEMINE MAHE- JA TAVAVILJELUSES,

*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja(d) on

Maarika Alaru,

*(juhendaja(te) nimi)*

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_

*(allkiri)*

Tartu, 20.05.2018

*(kuupäev)*

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

---

*(juhendaja nimi ja allkiri)*

---

*(kuupäev)*

---

*(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)*

